



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Институт естественных наук
и математики

Д. Е. КЛИМЕНКО

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Д. Е. Клименко

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
в качестве учебно-методического пособия для студентов вуза,
обучающихся по направлению подготовки
05.03.04 «Гидрометеорология»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2021

УДК 551.579(07)

ББК 26.23я7

К49

Р е ц е н з е н т ы:
кафедра геоэкологии

Уральского государственного горного университета
(заведующий кафедрой доктор геолого-минералогических наук,
профессор *А. И. Семячков*);

А. П. Носаль, доктор географических наук,
заведующий отделом гидролого-экологических исследований
(Российский НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов)

Клименко, Д. Е.

К49 Методы и средства гидрометеорологических измерений :
учебно-методическое пособие / Д. Е. Клименко ; Министерство
науки и высшего образования Российской Федерации, Ураль-
ский федеральный университет. – Екатеринбург : Изд-во Урал.
ун-та, 2021. – 75 с. : ил. – Библиогр.: 73 с. – 30 экз. – ISBN 978-
5-7996-3259-5. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-7996-3259-5

В учебно-методическом пособии приводятся рекомендации по выполнению основных этапов работ во время прохождения студентами 2-го года обучения полевой учебной гидрометрической практики. Рассматриваются топографические, гидрологические работы на участке учебного гидрологического поста. Пособие полезно как в учебном процессе, так и в практической деятельности при организации и проведении полевых гидрологических работ.

Книга рассчитана на студентов гидрометеорологической специальности, может быть полезна начинающим специалистам-гидрологам.

УДК 551.579(07)

ББК 26.23я7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	5
1. РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА	6
2. НИВЕЛИРНЫЕ РАБОТЫ	12
2.1. Высотная привязка реперов станции к государственной сети	12
2.2. Нивелирование водомерных постов	18
2.3. Нивелирование мгновенного уклона водной поверхности и уклона водной поверхности при УВВ	26
2.4. Нивелирование поперечного профиля речной долины	27
3. НАБЛЮДЕНИЯ НА ВОДОМЕРНОМ ПОСТУ	31
4. ПОЛЕВЫЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	35
4.1. Промерные работы (русловая съемка)	35
4.2. Разбивка гидрометрического створа. Уточнение положения гидроствора	37
4.3. Промеры глубин на гидрометрическом створе	41
4.4. Назначение скоростных вертикалей. Оборудование веерного гидроствора	43
4.5. Измерение расходов воды	45
5. КАМЕРАЛЬНЫЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	54
5.1. Вычисление графоаналитическим способом расхода воды, измеренного поверхностными поплавками	54
5.2. Вычисление расходов воды, измеренных гидрометрической вертушкой	57
6. СОДЕРЖАНИЕ УЧАСТКА ПОСТА. РАЗНЫЕ РАБОТЫ	71
Библиографические ссылки.....	73

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель настоящего учебно-методического пособия – оказать помощь студентам и преподавателю при организации или прохождении полевой учебной гидрометрической практики. В пособии описываются все основные этапы полевых работ, выполняемых на учебном гидрологическом посту в ходе практики. Даются краткие указания по содержанию работ и последовательности их проведения, рассматриваются используемые при этом приборы и оборудование, нормы времени на выполнение отдельных видов работ, а также подробные методические указания по их выполнению.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе выполнения практических работ, предусмотренных программой полевой практики, учебная группа разбивается на бригады, состоящие из двух человек, за исключением случаев, в которых, согласно требованиям техники безопасности, число исполнителей должно быть больше двух (количество исполнителей оговорено в разделах пособия).

Распределение студентов на отдельные участки (виды) работ выполняет руководитель исходя из требований техники безопасности, погодных условий, личных качеств студентов, текущих хозяйственно-организационных мероприятий на территории места проведения практики. Контроль сроков выполнения работ, хода их выполнения, качества работы осуществляет руководитель гидрометрической практики.

После окончания каждого вида работ, обработки материалов и их проверки полевой материал предоставляется на проверку руководителю практики.

В учебном пособии рассматриваются лишь основные виды работ. Требования по технике безопасности, внутреннему распорядку и т. д. регламентируются инструкцией по технике безопасности, правилами внутреннего распорядка, действующими нормативными и законодательными документами Российской Федерации, а также приказами и распоряжениями непосредственного руководителя учебной практики.

1. РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА

Содержание работы: ознакомление с картографическими материалами и материалами по гидрографии реки, размещением действующих постов и знаков геодезической сети; общий осмотр участка реки (долина, пойма, берега, русло); определение основных гидрологических характеристик реки (выявление мест забора, сброса вод, выхода грунтовых вод); опрос местных жителей о характеристиках режима реки (максимальные и минимальные уровни, характер ледохода, половодья и т. д.); фотографирование характерных участков.

Исполнители: отряд, состоящий не менее чем из 4 чел.

Используемые инструменты и оборудование: эклиметр, горный компас, рулетка, фотоаппарат.

Нормы времени на выполнение работ:

Норма врем., чел.-ч	30,4
---------------------	------

Методические указания по выполнению работ. Гидрографическое рекогносцирование выполняется в соответствии с указаниями Наставления по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек [1].

Место для проведения гидрологических наблюдений должно удовлетворять трем условиям:

- 1) режим реки должен быть характерным для достаточно большого участка (района), что позволит использовать результаты наблюдений для гидрологических прогнозов, расчетов и информации;
- 2) место (участок) должно быть удобно для проведения наблюдений, чтобы обеспечить наибольшую их точность в данных условиях;

3) вблизи от участка должны быть средства связи (телефон, телеграф, радио), что важно для информационных (оперативных) постов.

Выбирая место наблюдений, следует оценить природные условия с точки зрения их соответствия наиболее удобному производству наблюдений, а также определить необходимость и возможность осуществления разного рода искусственных мероприятий для повышения удобства наблюдений (расчистка русла и поймы, устройств переправы, гидрометрических сооружений и др.)

Участок реки, предназначенный для организации стационарных гидрологических наблюдений за стоком воды, должен быть прямолинейным по крайней мере на протяжении трехкратной ширины между бровками меженного русла реки, с однообразными по длине участка шириной, глубиной и продольным уклоном водной поверхности и по возможности с правильной формой профиля поперечного сечения. На равнинных реках, характеризующихся чередованием плесов и перекатов, предпочтение отдается плесовым участкам, что обуславливает удобство и точность наблюдений в паводочный период.

На участке, а также непосредственно ниже его, не должны впадать крупные притоки, находиться неустойчивые перекаты и острова, которые могут вызывать косоструйность течения, поперечные уклоны, заторы и зажоры льда и другие явления, нарушающие правильность и однообразие течения.

Берега и русло должны быть устойчивыми, а также не подверженными значительному зарастанию растительностью. Пойма, если ее нельзя избежать, должна быть наименьшей ширины, по возможности ровная, без протоков, стариц, возвышенностей и свободная от древесной и кустарниковой растительности. Коренные берега должны быть параллельными между собою хотя бы на протяжении половины ширины разлива при высоком стоянии уровня воды.

Выбору участка должно предшествовать предварительное всестороннее ознакомление с районом по имеющимся литературным, архивным материалам и другим источникам и рекогносцировочное обследование реки.

В результате предварительного ознакомления с материалами по району выбираемого участка для производства гидрологических наблюдений необходимо выяснить:

- основные черты гидрологического режима реки;
- гидрографические и морфометрические характеристики участка;
- наличие поблизости постов разной ведомственной принадлежности;
- наличие знаков геодезической сети;
- наличие крупномасштабных карт, профилей реки;
- современное состояние путей сообщения и средств связи;
- наличие и перспективы развития населенных пунктов;
- наличие энергопитания.

На основании собранных сведений и имеющихся картографических материалов по карте предварительно намечается один или несколько участков реки, после чего производится рекогносцировка на месте и выбор (из числа предварительно намеченных) участка, наиболее пригодного для оборудования гидрологического поста.

Рекогносцировка осуществляется не только в пределах предварительно намеченных участков для открытия поста, а на значительно большем протяжении вверх и вниз (до ближайших поворотов реки, устьев притоков, перекатов, порогов, разветвлений на рукава).

При отсутствии крупномасштабных карт выполняется глазомерная съемка, позволяющая получить схематический план обследуемого участка с показанием очертаний меженного русла, коренных берегов, основных элементов рельефа поймы и характера растительности на ней. Особое внимание обращается на условия движения потока в половодье или паводок, для чего определяются положения урезов воды при наивысшем уровне, отмечаются места отчленения от основного русла пойменных понижений и проток и места их сочленения с основным руслом, устанавливается степень связи их с руслом (при каких уровнях пойменные понижения начинают пропускать воду), отмечается наличие береговых валов и разрывов в них как мест возможного оттока воды из основного русла в пойму или наоборот.

На выкопировке с карты или плане глазомерной съемки показываются выбранный участок в виде контура, урезы при наивысшем уровне, контуры меженного русла и коренных берегов, основные элементы рельефа поймы и ситуации (рис. 1).

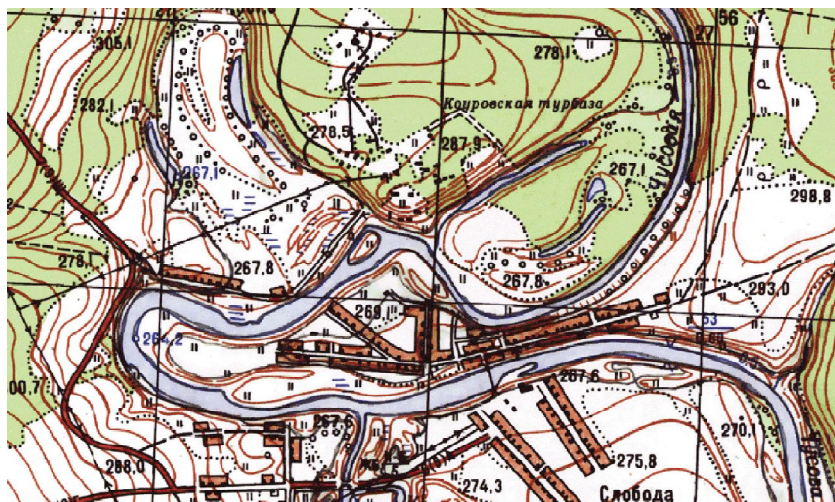


Рис. 1. План участка реки в районе намечаемого поста
(выкопировка с планшета)

В результате обследования составляется гидрографическое описание участка по следующему плану.

Общие сведения о реке

1.1. Название реки. Шифр реки. Административное положение. Координаты истока и устья. Длина реки. Площадь водосбора. Список основных притоков. Время обследования. Гидрографическая схема.

1.2. Описание реки, ее характера и режима (их особенностей и изменений по длине потока), качества воды, использования (хозяйственного значения).

1.3. Сведения об изученности реки: исследования и изыскания (когда, какой организацией производились, их характер и состав, где находятся материалы).

1.4. Литературные и архивные источники (перечень основных литературных и архивных материалов по реке).

Пр и м е ч а н и е. Приводится продольный профиль реки.

Описание участка поста

2.1. Местность, прилегающая к речной долине. Рельеф, растительность, грунты, дорожная сеть и условия проходимости.

2.2. Долина. Тип долины. Ширина долины, места характерных сужений и расширений. Склоны: их высота, внешний вид, крутизна, расчлененность, растительность, грунты. Террасы: их количество, высота залегания над рекой, высота и крутизна уступа, уклон (продольный и поперечный), ширина, изрезанность, растительность и грунты. Оползни, осыпи и выходы грунтовых вод. Дороги, проходящие по склонам и дну долины.

Приводятся поперечные профили долины.

2.3. Пойма. Положение поймы в плане и по высоте. Ширина поймы (наибольшая, наименьшая и преобладающая). Характер поверхности (рельеф, пересеченность). Растительность и грунты. Затопление поймы: сроки, глубина, продолжительность. Прокладимость поймы по сезонам.

2.4. Русло. Извилистость и разветвленность русла; острова, протоки, рукава, старицы, заливы. Русловые образования (плесы и перекаты, пороги, пороги-водопады, осередки, отмели, косы). Уклоны водной поверхности. Подпор естественный и искусственный. Ширина, глубина и скорость течения на плесах и перекатах, а также в отдельных пунктах и для всего участка (преобладающая, наибольшая и наименьшая). Пересыхание реки (полное или частичное). Неустойчивость русла. Зарастаемость и засоренность русла. Дно (характер и грунты). Берега реки (высота, крутизна, растительность, грунты, разрушаемость; их обвалование).

2.5. Мосты и переправы. Местоположение. Тип, материал и конструкция. Размеры (длина, ширина). Грузоподъемность. Подъезды.

2.6. Броды. Местоположение и вид брода. Размеры.

2.7. Использование реки. Судоходство: судоходные участки, вид судоходства (пассажирское, товарное), его интенсивность, типы

судов, главнейшие пристани, причалы, затоны. Сроки и продолжительность навигации.

2.8. Гидрометеорологические станции и посты. Основные сведения о действующих и ранее существовавших гидрологических станциях.

П р и м е ч а н и е. Приводится схематический план участка реки.

2. НИВЕЛИРНЫЕ РАБОТЫ

2.1. Высотная привязка реперов станции к государственной сети

Содержание работы: рекогносцировка нивелирного хода; поиск реперов; вскрытие и закрытие реперов; поверка нивелира и нивелирных реек; геометрическое нивелирование IV класса; записи и вычисления в полевом журнале.

Исполнители: 2 чел. (нивелировщик и реечник).

Используемые инструменты и оборудование: нивелир точный (Н-3, Н-3К, Н-3КЛ, Sokkia C-3-30 и др.), рейка шашечная двусторонняя РН-3000, штатив (типа ШР), мерная лента (любого типа), геодезический зонт, топор, колья (при необходимости – костыли, башмаки).

Нормы времени на выполнение работ

Число штативов на 1 км хода	5–8	9–11	12–17	18–27
Норма врем., чел.-ч	4,14	6,21	8,97	14,0

Методические указания по выполнению работ. В качестве исходного репера (марки) государственной высотной сети выбирается репер, ближайший к станции (посту), имеющий переуровненную отметку в Балтийской системе – БС (над нулем Кронштадтского футштока) и вошедший в каталог нивелировок I, II, III и IV классов. Наличие и местоположение такого репера (марки) определяется заблаговременно – путем запроса в Росреестре. Если исходный репер находится не далее чем в 10 км (по возможному маршруту нивелирного хода) от участка поста, то привязка к нему станционных постовых реперов выполняется персоналом станции.

Привязка станционных реперов к реперу государственной сети, находящемуся далее 10 км от участка станции, выполняется специальным нивелировочным отрядом под руководством опытного нивелировщика, сформированным УГМС или сторонней организацией по договору с УГМС.

При длине хода до 50 км привязка станционных реперов осуществляется нивелированием IV класса; свыше 50 км – нивелированием III класса.

В обоих случаях нивелирование производится в два хода в прямом и обратном направлении или двойным ходом в одну сторону, то есть двумя нивелировщиками, идущими друг за другом.

Материалы высотной привязки реперов станции (поста) к государственной сети обрабатываются и оформляются в соответствии с требованиями «Наставления по нивелированию III и IV классов и по высотным теодолитным ходам».

Предварительно до нивелирования производится рекогносцировка маршрута нивелирного хода (выбирают существующие дороги, лесные просеки и избегают заболоченных участков местности, даже при удлинении хода). При невозможности избежать заболоченных или других участков со слабым грунтом установка реек и нивелира производится на колья, забитые на глубину, обеспечивающую их полную устойчивость.

При рекогносцировке маршрута следует наметить пути обхода препятствий (глубоких и обрывистых оврагов, балок и т. п.). Передача отметки через них при длине визирного луча, превышающей 100 м, не допускается.

При рекогносцировке отыскиваются существующие по выбранному ходу реперы, а при отсутствии их намечаются пункты установки промежуточных реперов с таким расчетом, чтобы один репер приходился на 6–10 км протяжения хода в зависимости от населенности местности. Кроме того, целесообразно наметить через 2–3 км точки на местных предметах (мостовых устоях, цоколях зданий, валунах и т. п.), которые позволят осуществлять промежуточный контроль невязки по обоим ходам.

При нивелировании IV класса применяются нивелиры с ценой деления уровня, не превышающей 25", с увеличением трубы не менее 25 крат и двусторонние выверенные рейки с круглыми уровнями. Нивелирование IV класса производится из середины (при равных расстояниях до реек) при нормальной длине визирного луча, не превышающей 100 м. Допустимое расхождение в расстояниях, определяемых по дальномеру или шагами, от нивелира до реек не должно превышать 3 м. Рейки устанавливаются отвесно по уровню на прочно забитые в землю башмаки, костыли или колья длиной не менее 30 см и толщиной не менее 5 см. Визирный луч нивелира должен проходить не менее чем в 300 мм над поверхностью земли.

Перед началом работ нивелир тщательно выверяется. Поверки его повторяются в начале каждого рабочего дня.

При переходе на каждую последующую станцию передняя рейка предыдущей станции становится задней. Отсчеты по рейкам на каждой станции производятся в следующем порядке:

- по черной стороне задней рейки;
- черной стороне передней рейки;
- красной стороне передней рейки;
- красной стороне задней рейки.

При отсутствии двусторонних реек допускается применение односторонних. В этом случае после отсчета по задней и передней рейкам изменяется горизонт инструмента не менее чем на 10 см. Изменение горизонта инструмента только компенсирует отсутствие двусторонних реек, и его нельзя рассматривать как какую-то замену второго хода. Второй ход выполняется другим нивелировщиком (или повторяется первым) совершенно самостоятельно в указанном выше порядке.

Вычисление результатов наблюдений и контрольные вычисления на каждой станции производятся сразу же после записи, без перестановки нивелира.

Расхождения в превышениях, полученные по черным и красным сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, не должны превышать 3 мм. При больших расхождениях вся работа на станции

повторяется. Во время нивелирования инструмент следует защищать от солнца зонтом. На время перерыва в работе нивелир укладывается в ящик. Предварительно он обязательно очищается от пыли, а в сырую погоду – просушивается в помещении или палатке и лишь в крайнем случае протирается (укладывать инструмент в ящик следует только сухим).

Если исходным репером государственной сети, к которому привязывается ход, является стенная марка с отверстием в центре, то для привязки к ней используется двусторонняя подвесная рейка. Центр отверстия в рейке совмещается с центром отверстия марки при помощи шпильки. Если визирный луч нивелира проходит ниже центра марки, то отсчет по рейке записывается со знаком минус.

При отсутствии подвесной рейки привязка производится следующим образом. При горизонтальном положении трубы нивелира положение трех нитей проецируют на стену и прочерчивают на ней острым карандашом. Расстояние (по вертикали) от центра марки до полученных линий измеряют металлической рулеткой или линейкой с точностью до 1 мм. В журнале зарисовывают положение марки и проекции нитей, записывают с соответствующими знаками измеренные расстояния (в миллиметрах) и используют их как отсчеты по рейке. В этом случае превышение визирной оси над центром марки находится как среднее арифметическое из трех отсчетов.

Если сетка нитей имеет только одну горизонтальную нить, то привязка делается при двух горизонтах инструмента. В случае применения подвесной рейки достаточно произвести отсчет по обеим ее сторонам по одной средней нити и при одном горизонте инструмента.

По окончании рабочего дня или перед большими дневными перерывами отметки хода закрепляются не менее чем тремя прочно забитыми кольями на местных предметах: каменных цоколях и фундаментах зданий, каменных мостовых опорах или парапетах, отдельных устойчивых валунах, на выступах скалы и т. п. Точка постановки рейки на них четко обозначается.

После перерыва работа начинается от точек, к которым была произведена привязка до перерыва. Расхождения взаимных превышений, полученных до и после перерыва работ между точками, к которым привязан ход, не должны превышать 5 мм.

Записи результатов наблюдений на точку, изменившую свою высоту более чем на 5 мм, тут же в поле вычеркиваются. В тех случаях, когда привязка осуществляется в два нивелира, желательно, чтобы второй нивелировщик, ведущий второй ход, закончил свой рабочий день на этих же точках или занивелировал все эти точки, когда будет проходить по этому же участку хода.

Если невязка окажется недопустимой, то в первую очередь сличаются отметки общих для обоих ходов промежуточных точек (промежуточных реперов, точек на местных предметах), и таким путем может быть найден участок, на котором допущена ошибка. Нивелировка на этом участке должна быть повторена также в два хода.

Если участок, на котором допущена ошибка, не будет обнаружен указанным выше путем и окажется, что недопустимая невязка наблюдается на всем маршруте, нивелировка повторяется также в два хода.

Окончательная отметка репера станции или поста принимается как средняя арифметическая из обоих ходов при допустимой невязке между ними.

При производстве повторной (контрольной) привязки репера поста к реперу государственной сети, тому же самому, к которому была произведена первоначальная привязка, или (при его утрате) к другому реперу, могут встретиться два случая:

1. Отметка репера, полученная при повторном нивелировании, отличается от прежней отметки на величину, меньшую допустимой невязки, отвечающей длине повторного хода. В этом случае первоначальная отметка репера поста остается без изменений.

2. Отметка репера, полученная при повторном нивелировании, отличается от прежней отметки на величину, большую допустимой невязки, отвечающей длине повторного хода. В этом случае отметка репера поста принимается по результатам повторного нивелирования.

На территории места проведения практики выполняется привязка основных реперов основного ($Rp_{\text{осн}}$) и уклонного ($Rp_{\text{укл}}$) постов к контрольному реперу ($Rp_{\text{контр}}$). $Rp_{\text{контр}}$ служит для проверки положения $Rp_{\text{осн}}$ и $Rp_{\text{укл}}$ и закрепления нуля поста.

Привязка основных реперов основного и уклонного постов ведется замкнутым ходом: $Rp_{\text{контр}} - Rp_{\text{осн}} - Rp_{\text{укл}} - Rp_{\text{контр}}$. Каждый отрезок замкнутого хода (между парами реперов) нивелируется двумя ходами: прямым и обратным. Результаты привязки оформляются в журнале привязки реперов станции (поста) к государственной сети (КГ-65) [2–4].

Журнал заполняется простым карандашом, записи должны быть сделаны четко и ясно. Стирать и подчищать отсчеты нельзя. Если неверно записан отсчет, он зачеркивается и строчкой ниже записывается правильный, или зачеркивается и переделывается вся станция. Ошибочные записи в вычислениях аккуратно зачеркиваются и сверху записывают правильные.

Заполняют графу «среднее превышение», и на каждой странице делают постраничный контроль: подсчитывают длину хода L ; суммы отсчетов по средней нити по черной и красной сторонам каждой рейки: заднюю (ΣZ_3) и переднюю ($\Sigma Z_{\text{п}}$); сумму превышений (h , мм) по черной и красной сторонам реек ($2\Sigma h$); сумму средних превышений ($\Sigma h_{\text{ср}}$, мм). Контроль заключается в том, чтобы $\Sigma Z_3 - \Sigma Z_{\text{п}} = 2\Sigma h$, а $\Sigma h = \Sigma h_{\text{ср}}$. В случае невыполнения условий постраничного контроля проверяется правильность отсчетов (дополнительно проверяются вычисления пятток реек, превышения).

После того как сделан постраничный контроль, аналогично выполняется контроль всего хода: вычисляются длина, суммы отсчетов по задней и передней рейкам, двойное превышение и превышение, среднее по ходу.

Затем по линии между исходными пунктами или по замкнутому ходу от одного пункта подсчитывают фактическую невязку ($f_{\text{ф}}$, мм), которая не должна превышать допустимую невязку ($f_{\text{доп}}$, мм). $f_{\text{доп}} = \pm 20 \cdot \sqrt[3]{L}$, где L – число километров в ходе. Если $f_{\text{ф}} < f_{\text{доп}}$, составляется ведомость превышений и высот пунктов нивелирования.

Невязка разбрасывается в превышения пронивелированных пунктов в виде поправок со знаком, обратным невязке, по величине прямо пропорциональных числу километров в секции. По исправленным превышениям от исходных пунктов вычисляют высоты пронивелированных пунктов.

Нивелирование IV класса через водное препятствие шириной 200–400 м разрешается выполнять по урезу воды. На реке выбирают прямолинейный участок со спокойным течением. Вблизи уреза воды на обоих берегах выкапывают отводные каналы с «ковшами». По сигналу в «ковшах» забивают по одному колу, чтобы срезы кольев оказались одновременно на уровне воды. Работу выполняют в тихую погоду. Колья в каналах тотчас же связывают нивелированием по ходу с реперами на берегах. Превышения между реперами на берегах равны сумме превышений по ходу. Нивелирование по урезу воды производят дважды.

2.2. Нивелирование водомерных постов

Содержание работы: поверка нивелира и реек; нивелирование свай основного и уклонного постов, уровня воды; обработка журнала КГ-64; вычисление приводок свай.

Исполнители: 2 чел. (нивелировщик и реечник).

Используемые инструменты и оборудование: нивелир точный (Н-3, Н-3К, Н-3КЛ, Sokkia C-3-30 и др.), рейка шашечная двусторонняя РН-3000, штатив (типа ШР), геодезический зонт.

Нормы времени на выполнение работ

Количество нивелируемых свай	До 5	6–15	16–25
Норма врем., чел.-ч	3,22	5,75	8,43

Методические указания по выполнению работ. Нивелирование водомерного поста имеет целью определение высотного положения точек (нулей наблюдения) относительно постовых реперов и нуля графика.

Для нивелирования применяются все современные типы нивелиров.

Рейки применяются двусторонние, цельные трехметровые (предпочтительно) или односторонние складные (раздвижные) при условии систематической проверки правильности соединения их отдельных частей.

Нивелирование постовых устройств ведется от основного репера к контрольному и от него к урезу воды. Если в результате 3–4 нивелировок установлено, что основной репер сохраняет устойчивое положение, то допускается нивелирование поста от контрольного репера производить эпизодически один раз в 1–2 года, а обычное нивелирование – непосредственно от основного репера.

При этом в случае свайного поста необходимо следить, не изменяются ли в результате нивелирования все отметки свай на одну и ту же близкую величину. Это обычно указывает на изменение высотного положения контрольного репера. В таком случае следует отметку контрольного репера проверить по основному.

Целесообразно также при контрольном нивелировании сравнить взаимное превышение контрольного репера и самой нижней сваи.

Допустимая невязка определяется по формуле

$$f_{\text{доп}} = \pm 3 \sqrt{n}, \text{ мм,}$$

где n – число станций в ходе.

При нивелировании поста нивелир во всех случаях устанавливается в створе поста или в стороне от него на равных расстояниях от связующих точек. Расстояния от связующих точек должны быть не менее 5 м и не более 40 м. Если связующая точка не является репером или сваей поста, то рейка ставится на прочно забитый вровень с землей кол, костыль, на специальный нивелировочный башмак, выступ скалы или устойчиво лежащий валун. Ставить рейку в связующей точке прямо на землю или подкладывать под нее камень категорически запрещается.

Нивелирование вновь оборудованных или капитально отремонтированных постовых устройств от основного через контрольный репер производится применительно к требованиям нивелирования IV класса в два хода.

Нивелирование может быть выполнено следующими приемами [2].

Первый прием. Нивелировщик от контрольного репера спускается к реке и, закончив первый ход на нижней свае или рейке поста, возвращается с инструментом обратно к контрольному реперу и производит второй ход в том же направлении. Этот прием упрощает обработку данных нивелировки.

Второй прием. Двойной ход от контрольного репера до постовых устройств (нижних свай свайного поста, реек и т. п.) осуществляется ходом «вперед» и ходом «обратно», то есть нивелировщик одним ходом спускается от контрольного репера к реке, а вторым поднимается от реки к контрольному реперу.

Этот прием требует меньшей затраты времени, особенно при крутых, скальных берегах, но вызывает некоторое усложнение обработки результатов нивелирования.

При обоих приемах находится невязка между двумя ходами и устанавливается, выходит ли она за допустимые пределы как для всего хода в целом, так и для отдельных его участков. При первом приеме невязка находится как разность между отметками, полученными по тому и другому ходу последней точки, на которую сделан взгляд «вперед». Допустимая же невязка определяется по приведенной формуле, где n – число станций в одном ходу. При втором приеме, то есть при ходах «вперед» и «обратно», невязка находится как разность между принятой отметкой контрольного репера и отметкой этого же репера, полученной при окончании нивелирования в результате последовательного суммирования превышений по всем станциям прямого и обратного ходов. Допустимая невязка в этом случае определяется также по приведенной выше формуле, где n – суммарное число станций по двум ходам. В случае недопустимой невязки, как при первом, так и при втором приемах, нивелирование повторяется. При полученной допустимой невязке в случае первого приема нивелирования окончательные отметки свай получаются как средние арифметические из значений, полученных по первому и второму ходам. Пример вычисления отметок для свайного поста приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Пример вычисления отметок свай в первом случае

№ сваи	Отметки			Примечание
	по I ходу	по II ходу	принятые	
R_p	104,377	104,377	104,377	
1	102,861	102,863	102,862	
2	102,058	102,060	102,059	Связующая
3	101,493	101,496	101,494	
4	100,864	100,866	100,865	
5	100,153	100,155	100,154	
6	99,438	99,441	99,440	Связующая
7	98,752	98,755	98,754	
8	98,110	98,114	98,112	
9	97,436	97,440	97,438	Связующая
10	96,775	96,779	96,777	
11	96,213	96,218	96,216	
12	95,579	95,583	95,581	Связующая
13	94,897	94,902	94,900	Свая в воде
Ошибки: фактическая $f_{\phi} = -5$ мм; допустимая $f_{\text{доп}} = 8,4$ мм				

Вычисление окончательных отметок свай при нивелировании по второму способу целесообразно, не исключая и других возможных приемов, производить по следующей схеме.

Вычисляются последовательно по превышениям отметки всех свай, являющихся как связующими, так и промежуточными точками для обоих ходов. При этом отметка последней связующей точки хода «вперед», какой является ближняя к урезу свая на обсохшем береговом откосе, будет иметь одинаковую в обоих ходах

отметку, так как для хода «обратно» она является как бы исходной отметкой. Отметки всех остальных свай и самого контрольного репера в ходе «обратно» за счет невязки будут отличаться от отметок, полученных по ходу «вперед». Разница в отметке контрольного репера и явится невязкой всего хода.

В случае допустимой невязки отметка контрольного репера и все отметки свай, включая и ближайшую к берегу сваю, полученные по ходу «обратно», исправляются на величину этой невязки. Если отметка контрольного репера по ходу «обратно» получилась больше принятой его отметки, то все отметки, соответственно, уменьшаются, в противном случае они увеличиваются на одну и ту же величину полученной невязки. За окончательные отметки принимается среднее арифметическое из отметок хода «вперед» и исправленных отметок хода «обратно».

Пример вычисления отметок для этого случая приведен в табл. 2.

Контрольное нивелирование водомерного поста допустимо производить в один ход, если общее количество станций не превышает 3–5, с обязательным изменением на каждой станции горизонта инструмента (при наличии односторонних рек) или с отсчетом по двум сторонам рейки (при наличии двусторонних рек). Установка рейки на головках свай, являющихся промежуточными точками при нивелировании свайного поста, и отсчет по рейке производятся при каждом из двух горизонтов инструмента. Окончательные превышения и отметки свай вычисляются как средние арифметические из превышений, полученных при каждом из двух горизонтов инструмента.

При наличии двусторонних рек отсчет по двум сторонам производится также на каждой головке сваи независимо от того, является она промежуточной или связующей точкой. Окончательные превышения и отметки вычисляются как средние арифметические из превышений, полученных по той и другой сторонам рейки.

При нивелировании свайного поста определяются отметки всех свай, находящихся выше уровня воды, и одной-двух свай, находящихся под водой, которые нивелируются как промежуточные точки. Они не могут служить связующими точками.

Т а б л и ц а 2

Пример вычисления отметок свай во втором случае

№ сваи	Отметки				Примечание
	по ходу	по ходу	испр. по ходу	принятые	
<i>Rp</i>	104,377	104,385	104,377	104,377	
1	102,863	102,869	102,861	102,862	
2	102,060	102,065	102,057	102,058	Связующая
3	101,496	101,501	101,493	101,494	
4	100,866	100,872	100,864	100,865	
5	100,155	100,160	100,152	100,154	
6	99,441	99,446	99,438	99,440	Связующая
7	98,755	98,759	98,751	98,753	
8	98,114	98,114	98,106	98,110	
9	97,440	97,442	97,434	97,437	Связующая
10	96,779	96,780	96,772	96,776	
11	96,218	96,219	96,211	96,214	
12	95,583	95,583	95,575	95,579	Связующая
13	94,902	94,903	94,895	94,898	Свая в воде
Ошибки: фактическая $f_{\phi} = +8$ мм; допустимая $f_{\text{доп}} = 8,4$ мм					

При нивелировании речного поста определяются отметки нулей всех имеющихся рек. Нивелирная рейка ставится при этом на верхний обрез водомерной рейки или на гвоздь, забиваемый на границе целых дециметровых делений. Производить отсчет по нити нивелира, наводя ее непосредственно на водомерную рейку, не рекомендуется.

При нивелировании постовых устройств любого типа одновременно нивелируется уровень воды в створе поста по колу, заби-

тому вровень с поверхностью воды. Одновременно с забивкой кола отсчитывается уровень воды на посту обычным для данного типа поста способом и отмечается время, когда это сделано.

Отметки высот постовых устройств (нулей водомерных реек, головок свай и др.) и их приводки к нулю графика поста, полученные в результате обработки журнала нивелирования, переписываются в техническое дело поста с точностью до 1 мм и в текущую полевую книжку водомерных наблюдений (приводка с округлением до 1 см).

Результаты нивелирования оформляются в виде профиля водомерного поста, который прилагается к техническому делу гидрологической станции (поста) и его копиям.

Профиль поста составляется после его устройства или капитального ремонта и переоборудования.

Результаты последующих контрольных нивелировок (приводки) выписываются в строчки под имеющимся профилем поста с указанием даты.

На профиле (рис. 2) должны быть показаны:

- 1) основной репер;
- 2) все водомерные рейки и сваи;
- 3) рабочий уровень воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой);
- 4) положение нуля графика поста (горизонтальной чертой с отметкой);
- 5) высший и низший исторические уровни воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой).

Под профилем должны быть выписаны:

- 1) номера постовых реперов, реек и свай;
- 2) расстояния свай, реек и реперов от постоянного начала с точностью до 0,1 м;
- 3) приводки, то есть высоты репера, головок свай и нулей реек над нулем графика поста с точностью до 1 см.

Гидрологический пост р. Сыгва - о.п. Камаи (основной)
нивелировка от 30.07.2002 г.

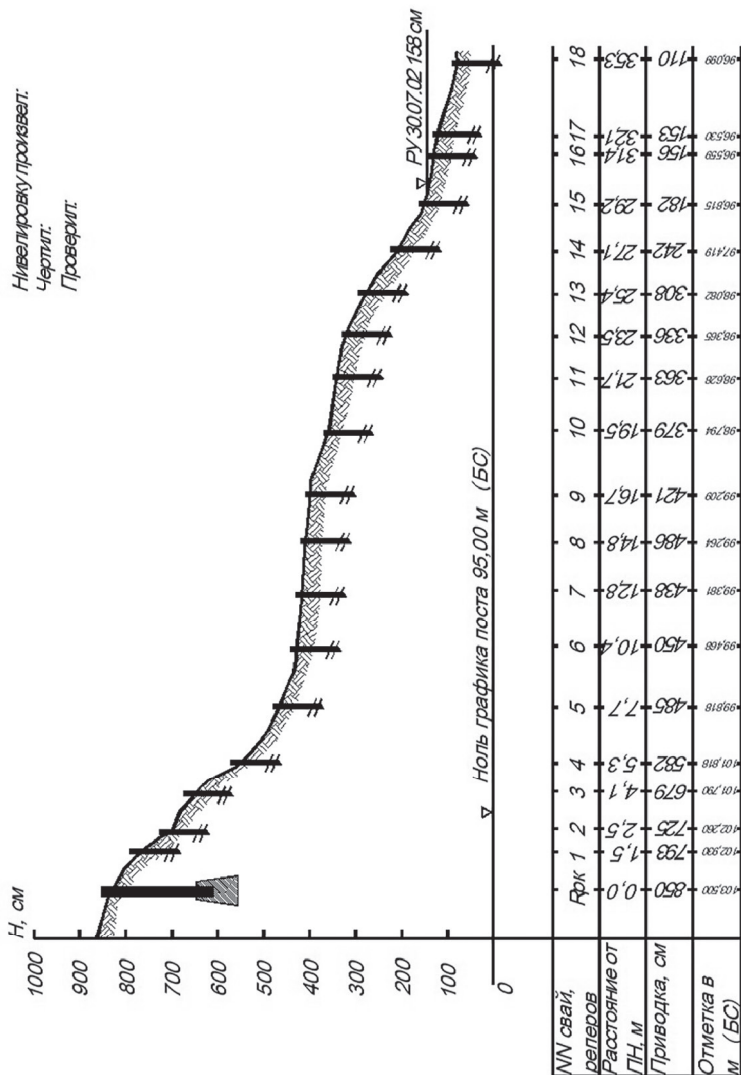


Рис. 2. Поперечный профиль гидрологического поста

2.3. Нивелирование мгновенного уклона водной поверхности и уклона водной поверхности при УВВ

Содержание работы: забивка урезных кольев в подготовленных ковшах; проверка нивелира и нивелирных реек; измерение расстояний между кольями; геометрическое нивелирование кольев IV класса; записи и вычисления в полевом журнале.

Исполнители: 2 чел. (нивелировщик и реечник).

Используемые инструменты и оборудование: нивелир точный (Н-3, Н-3К, Н-3КЛ, Sokkia C-3-30 и др.), рейка шашечная двусторонняя РН-3000, штатив (типа ШР), геодезический зонт, топор, колья (при необходимости – костыли, башмаки).

Нормы времени на выполнение работ

Число штативов на 1 км хода	5–8	9–11	12–17	18–27
Норма врем., чел.-ч	4,14	6,21	8,97	14,0

Методические указания по выполнению работ. Нивелирование мгновенного профиля водной поверхности производится на снимаемом участке станции или поста, на выбранном участке, обычно захватывающем верхний и нижний уклонные посты и участки, расположенные выше и ниже их на одну-две ширины меженного русла.

Нивелирование ведется по одному берегу двойным ходом IV класса по кольям, забитым одновременно вровень с водой через 100–200 м. Расстояния между кольями определяются дальномером.

Во избежание погрешностей на волнение при забивке кольев последние забиваются в устроенных «ковшах» (вырытых «заливчиках», сообщающихся с основным руслом, отгороженных от него небольшими (20–30 см в ширину) перемычками из грунта).

Результаты нивелирования оформляются в книжках КГ-3, КГ-7 (в графах, отведенных под нивелирование продольного уклона).

В случаях, если отведенных граф оказывается недостаточно для записей, в книжку вклеивается лист-вкладыш с результатами нивелировки.

Одновременно с мгновенным уклоном водной поверхности нивелируется уклон по меткам высоких вод. По длине участка набирается 5–10 меток высоких вод, а именно:

- 1) отложения травы, сора на ветвях деревьев и кустарника;
- 2) четкие линии на бетонных сооружениях мостов, парапетов набережных;
- 3) линии пустынного загара на камнях;
- 4) граница роста мха на стволах хвойных деревьев и др.

Уклон водной поверхности при уровне высоких вод (УВВ) возможно определить двумя способами:

1. В местах расположения урезных колеь определяется превышение меток УВВ над рабочим уровнем воды в районе урезного кола, после чего на продольном профиле водной поверхности над линией рабочего уровня наносятся отметки УВВ, по которым проводится осредненная линия продольного профиля при УВВ.

2. Метки УВВ нивелируются по длине участка без привязки к рабочему уровню воды [5].

Уклон водной поверхности (I , ‰) вычисляется как отношение величины падения (разницы уровней воды в крайнем верхнем и нижнем створах ΔH , м) к расстоянию между створами (L , км). Аналогично вычисляется уклон водной поверхности по материалам наблюдений на основном и уклонном посту с известным расстоянием между постами.

2.4. Нивелирование поперечного профиля речной долины

Содержание работы: морфологическое обследование элементов русла, поймы и долины; проверка нивелира и нивелирных реек; измерение расстояний между нивелируемыми точками; геометрическое нивелирование колеь IV класса; записи и вычисления

в полевом журнале; описание вида, состава, высоты и густоты растительности между пикетами; установление и нивелирование меток УВВ.

Исполнители: 2 чел. (нивелировщик и реечник).

Используемые инструменты и оборудование: нивелир точный (Н-3, Н-3К, Н-3КЛ, Sokkia C-3-30 и др.), рейка шашечная двусторонняя РН-3000, штатив (типа ШР), геодезический зонт, топор, колья (при необходимости – костыли, башмаки).

Нормы времени на выполнение работ

Число штативов на 1 км хода	5–8	9–11	12–17	18–27
Норма врем., чел.-ч	4,14	6,21	8,97	14,0

Методические указания по выполнению работ. Целью составления морфоствора является расчет кривой расходов воды гидравлическим способом.

Нивелирование морфоствора ведется от урезов воды вверх по склонам до отметок, на 0,5 м превышающих максимальные исторические уровни воды (устанавливаются путем опроса).

Крутой склон долины, подступающий непосредственно к руслу, не нивелируется – отметки склона устанавливаются методом ватерпасовки.

Ватерпасовка – простейший прием определения превышений между точками (рис. 3).

Для выполнения ватерпасовки необходимы ровная деревянная планка, плотницкий (строительный) уровень, нивелирная или водомерная (снегомерная) рейка. Деревянная планка одним концом укладывается на склон, на нее кладется строительный уровень, по которому планка выставляется строго горизонтально. Рейка устанавливается на урез воды. По отметке, которую горизонтальная планка укажет на рейке, определяется превышение, а по горизонтальной планке – расстояние до следующей точки. После этого планка укладывается одним концом на новую точку, а нивелирная рейка ставится на склон в месте примыкания горизонтальной

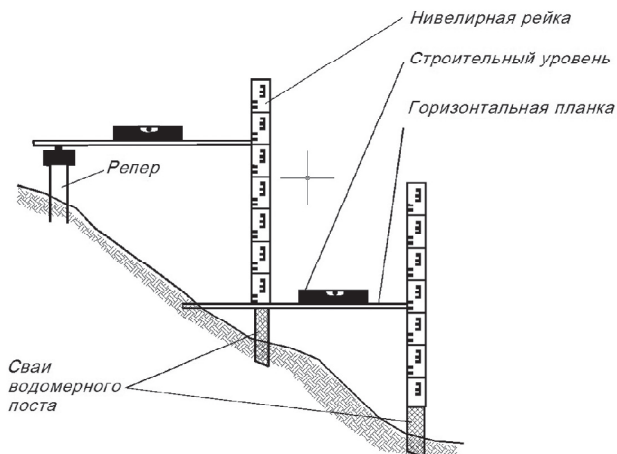


Рис. 3. Схема ватерпасовки

планки – так определяется превышение между первой и второй точками и т. д. В том случае, если расстояния между точками велики, то определение превышения делается в несколько приемов, с забивкой промежуточных кольев.

После определения превышений расчет отметок и расстояний выполняется так: к отметке уровня воды прибавляем превышение по нивелирной рейке, а к условному постоянному началу (урезу воды) – расстояние по горизонтальной планке (и т. д. до достижения заданной отметки на склоне).

Нивелируются все характерные элементы профиля. При этом в связующих точках рейка устанавливается на кол или на обух топора. В промежуточных точках допускается установка рейки на землю со снятием отсчета только по черной стороне рейки. Расстояния между пикетами измеряются либо мерной лентой, либо по дальномеру. После обработки нивелировки должны быть получены расстояния (горизонтальные проложения) от уреза воды до каждого пикета, отметки пикетов.

Поперечный профиль русла (в отметках м БС) устанавливается на основании промеров, приведенных к рабочему уровню воды на дату нивелировки морфоствора.

Высоты (м БС) рассчитываются от уровня воды, пересчитанного из отметок над нулем графика.

В итоге все расстояния пересчитываются от некоего постоянного начала (на лево- или правобережном склоне), отметки дна реки по морфоствору включаются в общий перечень отметок. На основании полученных данных строится поперечный профиль долины реки (рис. 4).

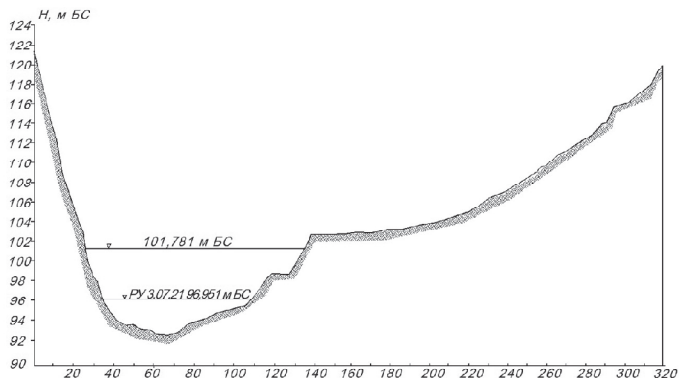


Рис. 4. Поперечный профиль долины

Метки высоких вод нивелируются (или определяются ватерпасовкой) по ходу морфоствора. Видовой состав, густота и высота растительности между пикетами записываются на полях (или в столбце «Примечание») нивелирного журнала.

Под профилем долины должны быть отображены следующие данные:

- 1) расстояния от постоянного начала до характерных точек профиля, и отметки этих точек в м БС;
- 2) характер растительности и грунтов между точками.

На профиль наносятся:

- 1) горизонтальной линией рабочий уровень воды, с обозначением и датой;
- 2) УВВ с указанием способа определения и генезиса высших уровней (снеговые, дождевые, смешанного состава).

3. НАБЛЮДЕНИЯ НА ВОДОМЕРНОМ ПОСТУ

Содержание работы: установка в точку наблюдений водного термометра; осмотр постовых устройств, лодки, участка поста, проведение визуальных наблюдений за ветром, волнением, распространением водной растительности; отсчеты по свае основного и уклонного постов; запись в книжку КГ–1М(н) результатов наблюдений; перемещения на участке поста. Приведение отсчетов уровня воды к нулю графика; вычисление среднего уровня воды за сутки; введение инструментальной поправки в показания водного термометра; вычисление средней температуры воды за сутки; обработка результатов наблюдений на уклонном посту; проверка результатов вычислений.

Исполнители: 1 чел. (наблюдатель).

Используемые инструменты и оборудование: термометр ТМ-16 в оправе ОТ-51; рейка водомерная (стальная ГР-104, плексигласовая с успокоителем ГР-23).

Нормы времени на выполнение работ

Норма времени на 1 срок	22 мин
-------------------------	--------

Методические указания по выполнению работ. Стандартные наблюдения на водомерном посту включают [2–4]:

1. Наблюдения за уровнем воды, то есть за высотой водной поверхности водоема над условной горизонтальной плоскостью сравнения. Эту плоскость, неизменную по высоте, принимают за нуль графика поста.

Уровни, измеряемые на гидрологическом посту, приводятся к нулю графика, высотная отметка которого остается постоянной для всего периода действия поста. Отметка нуля графика выбирается при устройстве поста с таким расчетом, чтобы плоскость нуля

графика находилась не менее чем на 0,5 м ниже самого низкого уровня воды в водотоке, который можно ожидать в створе поста. При наличии постов, расположенных на коротком участке реки, имеющей небольшое падение, целесообразно для всех постов назначать общий нуль графика.

Помимо нуля графика, на постах имеется один или несколько (при наличии ряда реек или свай) нулей наблюдений.

Под понятием «нуль наблюдений» подразумевается высотная плоскость, от которой производится отсчет уровня воды в момент наблюдения: на речном посту – это плоскость нуля рейки, на свайном – головка сваи, по которой в этот момент ведут наблюдения.

Превышение нулей реек, головок свай или постоянно закрепленной точки над нулем графика поста называется приводкой этих нулей наблюдений.

Наблюдения на гидрологическом посту могут быть начаты только после того, как будут выполнены следующие работы:

- установлены постовые репера с приданием им отметок;
- назначена отметка нуля графика поста;
- нивелированием от репера поста установлены отметки нулей наблюдений;
- вычислены приводки всех нулей наблюдений над нулем графика поста, то есть разности отметок всех нулей реек, головок свай, постоянно закрепленных точек на передаточных постах и отметки нуля графика.

По конструкции устройства для измерения уровня воды подразделяются на следующие типы: речные, свайные, речно-свайные.

Речные устройства для измерений уровня находят применение при достаточно крутых берегах или на стенках гидротехнических сооружений. Кроме вертикальных реек, применяют и наклонные, устанавливаемые в местах, где имеется искусственное крепление береговых откосов.

Свайные устройства для измерения уровня воды наиболее удобны для равнинных рек со значительной амплитудой колебания уровней. В настоящее время свайные посты оборудуют стандартными металлическими винтовыми сваями (ПИ-20). При отсутствии

стандартных свай последние можно изготавливать из дерева прочных пород (дуб, сосна, лиственница), а для временных – использовать отрезки труб и балок.

Способы установки свай могут быть различными. В зависимости от типа свай и грунта сваи завинчиваются, забиваются или закапываются. Металлические винтовые сваи завинчиваются в грунт специальным ключом. Деревянные сваи забиваются в мягкие и торфяно-илистые грунты ручной бабой (деревянной, металлической) массой 60–80 кг. Сваи нумеруются по порядку, начиная с верхней, от репера вниз.

Высота уровня воды на свайном посту измеряется переносной рейкой. Рейки могут быть металлические (ГР-104), деревянные, а также с успокоителем (ГР-23).

Точность измерения уровня воды зависит от технических данных приборов, условий измерения и предъявляемых требований: рейка переносная с успокоителем ГР-23 применяется для измерения уровня воды при высоте волны до 0,4 м и обеспечивает точность отчета до $\pm 0,5$ см, рейки переносные (металлическая ГР-104, деревянная) дают точность измерения $\pm 0,5$ см при цене деления 1 см.

2. Наблюдения за температурой воды производятся на гидрологических постах и включают:

- систематические ежедневные измерения температуры воды в постоянном месте (в прибрежной зоне или на стрежне реки);
- временные эпизодические измерения температуры воды в нескольких точках по длине и ширине реки с целью выявления типичности выбранного постоянного места измерений.

Место для измерений температуры воды выбирается в створе или вблизи гидрологического поста в прибрежной части реки, на проточном участке с глубиной по возможности не менее 0,3–0,5 м. К месту измерений не должны подходить струи родниковых или сбросы промышленных вод. Температура воды в месте измерений должна быть типичной, то есть мало отличаться от средней температуры воды во всем водном сечении и на участке поста.

Правильность выбора постоянного места измерений температуры воды проверяется в первый год действия поста, а на дейст-

вующих постах, на которых этого не было сделано своевременно, – в ближайший год. Проверка включает в себя: 1) одновременные наблюдения за температурой воды в постоянном месте у берега и на стрежне реки; 2) одновременные измерения температуры воды в стрежневой зоне реки в нескольких точках по длине реки выше поста.

Одновременные наблюдения у берега и на стрежне реки в постоянном створе ведутся в 8 и 20 ч ежедневно в течение одного сезона, выборочно по 10–15 дней подряд в характерные фазы режима реки (в паводок и межень).

Результаты поверочных измерений должны выявить: 1) типична ли температура воды, наблюденная в постоянной точке у берега, для всей водной массы реки и допустимо ли продолжать наблюдения в этой точке или их следует перенести; 2) свободно ли постоянное место (створ) измерений температуры воды от местного искажения термического режима реки вследствие природных или искусственно созданных условий на участке поста (выхода вблизи створа грунтовых вод, сброса промышленных вод и т. п.).

Температура воды измеряется наблюдателем водным термометром с точностью до $0,1^{\circ}$. Запись результатов измерений ведется в полевой книжке КГ-1М(н).

3. Наблюдения за температурой воздуха выполняются по сухому термометру аспирационного психрометра.

4. ПОЛЕВЫЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

4.1. Промерные работы (русловая съемка)

Промеры глубин производят по линиям (галсам), пересекающим водоем и расположенным на известном расстоянии друг от друга.

Планы составляются в изобатах в тех случаях, когда они предназначаются для проектирования мероприятий, непосредственно связанных эксплуатацией акваторий, и на них должны быть показаны глубины. Для проектирования на воде объектов строительства, сопряженных с берегом, рельеф дна на планах изображается в горизонталях [6].

Высота сечения рельефа дна при изображении его изобатами или горизонталями составляет:

- для специального и подробного промера – 0,5 м при глубинах до 10 м;

- для облегченного и рекогносцировочного промера – 0,5 м для глубин менее 5 м и 1,0 м – для глубин более 5 м.

Независимо от способов измерения и указанной подробности промера глубины отсчитываются с точностью: $\pm 0,1$ м – при глубинах до 10 м, $+0,2$ м – при глубинах от 10 до 20 м и $+0,5$ м – при глубинах свыше 20 м.

Направления промерных галсов устанавливаются в соответствии с характером распределения глубин в водоеме (водотоке). При промерах рек галсы должны пересекать их нормально к оси потока или под углом (косые галсы), при больших скоростях течений; при промерах локальных участков на водоемах, имеющих вытянутую форму, – нормально к их продольной оси; при сплошных промерах озер и водохранилищ или крупных прибрежных участков морей, имеющих округлую форму, – нормально к направлению изобат; при промерах на каналах, судовых ходах или узкостях –

нормально к направлению их осей с дополнительными промерами несколькими (в зависимости от подробности промера) продольными галсами.

Промер продольными галсами на реках производится:

- для изучения русловых процессов – в период высоких вод;
- на отдельных участках рек с большими скоростями течения;
- для дополнительного или контрольного промера;
- для составления продольного профиля реки.

Проложение галсов по береговым створам

Промерная магистраль прокладывается теодолитным ходом с относительной погрешностью не менее 1 : 2000.

Пикеты магистрали разбиваются через расстояния, соответствующие принятым между галсами.

Створы разбиваются от магистральных пикетов теодолитом под заданным к направлению магистрали углом и могут обеспечивать положение как параллельных, так и радиальных галсов.

Радиальные галсы прокладываются на крутых поворотах береговой черты между двумя смежными участками с параллельными галсами.

Определение места на галсах по створу и прямыми засечками с берега одним инструментом

В этом способе место на галсах определяется двумя линиями положения: направлением галса и засечкой с берега одним инструментом, установленным на пункте с известными координатами. Исполнитель, стоящий у мензулы, непрерывно следит за передвигающимся по галсу катером, одновременно совмещая край линейки кипрегеля с точкой стоянки на планшете. По сигналам катера по линейке кипрегеля прочерчиваются короткие направления (на измеряющий глубины прибор) в месте пересечения линейки с линией соответствующего галса. Одновременно у засечки отмечается ее код (номер засечки или цвет флага отмашки).

Все засеченные глубины будут нанесены на план в соответствующем масштабе, что значительно упрощает дальнейшую камеральную обработку материалов. К недостаткам этого способа сле-

дует отнести ограниченное количество галсов, попадающих на один планшет, по которым представляется возможным произвести засечки с одной стоянки, а также необходимость уже до начала производства промерных работ иметь данные по плановому обоснованию и разбивке галсов.

4.2. Разбивка гидрометрического створа. Уточнение положения гидроствора

Содержание работы: подготовка приборов и оборудования к работе; предварительный выбор гидроствора и его закрепление; измерение направлений и скоростей течения поверхностными поплавками (запуск поплавков, засечки поплавков одним угломерным инструментом); запись и обработка результатов измерений; перемещения на участке поста; закрепление уточненного положения гидроствора.

Исполнители: 2 чел. (запускающий поплавки, производящий засечки угломерным инструментом).

Используемые инструменты и оборудование: вехи, лодка весельная, секундомер, теодолит 2Т30М, штатив (типа ШР).

Нормы времени на выполнение работ

Ширина реки, м	До 5	51–100	Более 100
Норма врем., чел.-ч	8,28	13,3	21,4

Методические указания по выполнению работ. На вновь организуемых станциях и постах постоянному гидрометрическому створу, находящемуся в створе основного водомерного поста или самому близкому к нему, присваивается № 1.

При переносе гидроствора новому створу, а также другим створам, разбиваемым для работ при каком-то определенном состоянии режима реки, присваиваются следующие порядковые номера. Для рек с неустойчивым руслом, когда гидроствор приходится переносить очень часто, нумерация створов ведется в пределах

календарного года, то есть нумерация створов ежегодно начинается с № 1. На реках с блуждающим руслом, где гидростворы с постоянным оборудованием вообще отсутствуют, номера створам не присваиваются. Дополнительным гидростворам в протоках присваивается тот же номер, что и створу в основном русле.

Гидрометрический створ назначается перпендикулярно среднему направлению течения, которое определяется следующим образом. Первоначально створ назначается на глаз перпендикулярно общему направлению течения реки, ориентируясь на очертание берегов. Затем в 8–10 точках, равномерно распределенных по ширине реки, определяется направление течения по траекториям движения поверхностных поплавков.

Одновременно измеряется скорость течения.

Значения полученных скоростей наносятся на план в определенном масштабе: скорости течения в виде векторов под углом к линии гидроствора АБ, полученным по касательной к траектории движения поверхностных поплавков (рис. 5). Затем к первому от берега вектору пристраиваются последовательно, с сохранением измеренного направления и линейных размеров, все остальные векторы. Прямая ВГ, соединяющая начало первого и конец последнего векторов, и будет являться равнодействующей и показывать среднее направление течения.

Перпендикуляр АД к равнодействующей ВГ будет означать правильное положение гидроствора, которое при оборудовании нового гидроствора и должно быть закреплено на местности.

Если после разбивки створа перпендикулярно среднему направлению течения на некоторых скоростных вертикалях останется косина, то в зависимости от ее величины принимаются следующие решения:

1. Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления не более чем на 10° . При этом косина струй может не учитываться, так как возможная ошибка в определении величины расхода не превысит 1,5 %. Все же в данном случае предпочтительно производить измерения скорости вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору.

2. Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 10° , но не свыше 30° . В этом случае измерение скоростей течения производится вертушкой на штанге, устанавливаемой перпендикулярно гидроствору, или вертушкой, подвешенной на тросе, с обязательным измерением угла, составляемого направлением течения с перпендикуляром к гидроствору.

3. Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 30° . В этом случае местоположение гидроствора признается неудовлетворительным и створ выбирается на новом месте, где могут быть достигнуты условия, соответствующие пунктам 1 и 2.

На участках рек, расположенных в долинах с широкой поймой, могут встретиться случаи, когда при затопленной пойме общее направление течения в ней и в коренном русле не будет совпадать, а составит угол более 10° , или же когда в пойме будут намечаться несколько обособленных токов воды, отличающихся по направлению течения более чем на 10° . В этих случаях принимаются следующие решения:

Если средние направления течения в пойме и основном русле различаются менее чем на 30° , то гидрометрический створ разбивается перпендикулярно течению в основном русле, не учитывая направление течения в пойме.

Если средние направления течения в пойме и основном русле различаются более чем на 30° , то гидрометрический створ разбивается в виде ломаной линии, участки которой в пойме и в основном русле перпендикулярны соответствующим направлениям течения.

В обоих случаях измерение скоростей течения в пойме следует производить вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору или подвешенной на тросе с обязательным измерением направления течения.

Для проверки правильности положения створа на всех створах периодически, в зависимости от степени устойчивости русла, но не реже чем через 2–3 года, в паводок и в межень производится определение направления течения на всех скоростных вертикалях.

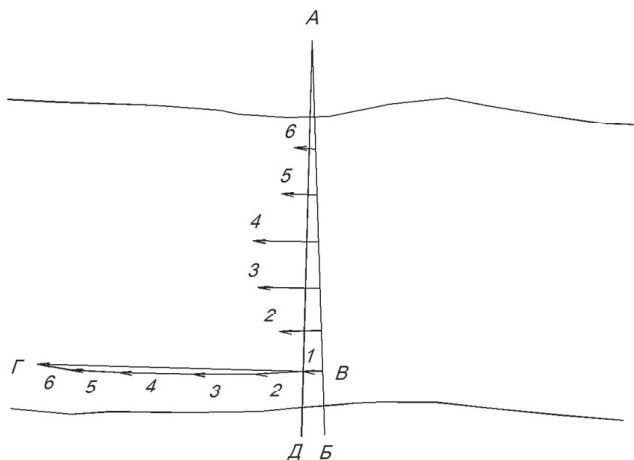


Рис. 5. Определение положения гидроствора

Если после проверки окажется, что косина струй в среднем не превышает 10° , а на отдельных вертикалях – 30° и изменение направления гидроствора связано с большими работами по его переоборудованию, то положение створа в виде исключения может не меняться. При больших отклонениях направление створа обязательно изменяется так, чтобы он был перпендикулярен среднему направлению течения.

В тех случаях, когда намеченное направление гидроствора удовлетворяет поставленным выше условиям только для одного какого-то состояния реки, положение створа для другого состояния реки должно быть соответственно изменено.

Местоположение гидрометрического створа закрепляется на местности прочными столбами-реперами. При небольшой ширине реки, позволяющей измерять расход воды с применением перетянутого через реку троса, на каждом берегу устанавливается по одному столбу. При большей ширине на обоих или одном берегу в зависимости от рельефа берегов и видимости при различных уровнях устанавливается по два столба со створными вехами.

Полоса берега на 5–10 м выше и ниже линии гидроствора (в пределах возможного его затопления) расчищается от кустарни-

ковой растительности. Вновь появляющаяся высокая луговая растительность и кустарниковая поросль должны периодически выкашиваться, чтобы в любое время можно было произвести измерение скорости течения по всей ширине реки.

Водная растительность с момента ее появления должна на участке 5–10 м выше и ниже створа систематически выкашиваться, чтобы в течение всего вегетационного периода участок гидроствора был свободен от растительности.

4.3. Промеры глубин на гидрометрическом створе

Содержание работы: подготовка приборов и оборудования к работе; измерение уровня воды на основном посту и гидрометрическом створе до начала и после окончания промеров; перемещения по створу с вертикали на вертикаль и на участке поста; засечки ординат промерных вертикалей одним угломерным инструментом; измерение глубин на вертикалях в два хода; закрепление лодки на якорях; запись результатов измерений в полевую книжку; пересчет углов в расстояния от постоянного начала; построение поперечного профиля русла по гидроствору.

Исполнители: 3 чел. (один – на веслах, второй – на промерах, третий – за угломерным инструментом).

Используемые инструменты и оборудование: вехи, лодка весельная, теодолит 2Т30М, штатив (типа ШР), лот-линь, рейка ГР-104, пара флажков (красный и белый).

Нормы времени на выполнение работ

Скорость течения на стержне, м/с	До 0,50	0,51–1,00	Более 1,00
Норма врем., чел.-ч	0,90	1,06	1,24

Методические указания по выполнению работ. После закрепления на местности гидрометрического створа производится промер глубин в нем и нивелирование до незатопляемых отметок.

Для установления точности определения площади водного сечения в зависимости от числа промерных вертикалей во всех гидрометрических створах при их открытии промеры производятся по удвоенному числу вертикалей по сравнению с обычным их числом, назначаемым при измерении расходов воды (табл. 3). По построенному поперечному профилю гидроствора вычисляются площади водного сечения по удвоенному числу промерных вертикалей для нескольких уровней воды. При этом расхождение в значениях площадей не должно превышать $\pm 3\%$. При несоблюдении этого условия промеры глубин при измерении расхода воды всегда следует делать по удвоенному числу промерных вертикалей.

Положение промерных вертикалей в створе на реках шириной менее 300 м, как правило, определяется по туго натянутому через реку разметочному стальному канату. Разметка каната производится на берегу при помощи стальной ленты. На канате размечаются деления, соответствующие промерным вертикалям, которые закрепляются метками. Деления, соответствующие скоростным вертикалям, закрепляются более широкими метками и дополнительно метками из цветной ткани.

Т а б л и ц а 3

**Расстояния между промерными вертикалями по гидроствору
при измерении расходов воды**

Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м	Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м
менее 20	0,5–1,0	101–200	5,0–10
21–30	1,0–1,5	201–300	10–15
31–40	1,5–2,0	301–500	15–25
41–60	2,0–3,0	501–800	25–40
61–80	3,0–4,0	более 800	> 40
81–100	4,0–5,0		

Положение промерных вертикалей по створу, если натянуть разметочный канат не представляется возможным, определяется засечками угломерным инструментом с берега. При выполнении промеров засекается голова гребца, на промерных вертикалях поднимаются флажки (на урезах – пара флажков, красный и белый, на четных – белый, на нечетных – красный).

Промерные вертикали располагаются через равные промежутки по ширине реки.

На широкой пойме промеры при ее затоплении не производятся. Рельеф же по всей ширине поймы устанавливается путем нивелирования, когда пойма не затоплена.

До начала промеров и после их окончания в обязательном порядке снимаются отсчеты уровня воды по основному посту.

При глубинах до 1,0 м промеры следует выполнять водомерной рейкой ГР-104, свыше 1,0 м до 3,0 м – гидрометрической штангой, наметкой либо лот-линем.

В гидрометрическом створе назначаются скоростные вертикали, в отдельных точках которых измеряются скорости течения.

Число скоростных вертикалей и распределение их по ширине реки назначается в зависимости от способа измерения расхода воды.

Обработка промеров заключается в вычислении по измеренным углам расстояний от постоянного начала до промерных вертикалей (при известной длине базиса, через тангенс угла), вычислении среднего уровня (в случае его изменения в срок до начала промеров и после их окончания на величину более 3 см), вычерчивании поперечного профиля русла (рис. 6).

4.4. Назначение скоростных вертикалей. Оборудование веерного гидроствора

Содержание работы: назначение скоростных вертикалей на профиле, вычисление расстояний от них до постоянного начала, расчет углов для установки вех на веерном гидростворе либо для уста-

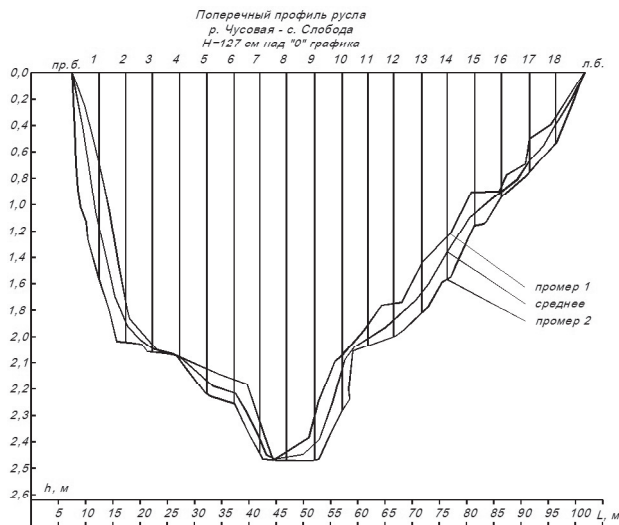


Рис. 6. Поперечный профиль русла по гидроствору

новки судна по вычисленным углам на скоростных вертикалях, установка угломерного прибора на стоянку, вынос в натуру местоположения вех, снятие прибора с точки, установка на точку центральной вехи.

Исполнители: 3 чел. (один – на веслах, второй – устанавливающий вехи, третий – за угломерным инструментом).

Используемые инструменты и оборудование: вехи, лодка весельная, теодолит 2Т30М, штатив (типа ШР).

Нормы времени на выполнение работ

Скорость течения на стержне, м/с	До 0,50	0,51–1,00	Более 1,00
Норма врем., чел.-ч	0,90	1,06	1,24

Методические указания по выполнению работ. После построения поперечного профиля русла скоростные вертикали могут быть назначены либо через равные расстояния (при основном способе измерения скоростные вертикали назначаются через одну

промерную, при детальном – совмещаются с промерными), либо на переломных точках профиля, с обязательным размещением скоростной вертикали в точке с максимальной глубиной.

Число скоростных вертикалей должно быть оптимальным, при котором большинство значений расхода воды будет отклоняться от значений расхода, измеренного многоточечным способом, не более чем на $\pm 3\%$. Анализы эпюр распределения средней скорости течения по ширине реки дают возможность уменьшить число скоростных вертикалей примерно вдвое по сравнению с их числом, выбранным при измерениях многоточечным способом.

Все постоянные скоростные вертикали нумеруются по порядку начиная с № 1, который присваивается вертикали, ближайшей к постоянному началу.

Определяются расстояния от базиса до скоростных вертикалей, рассчитываются углы.

Далее по рассчитанным углам при ориентировании нуля горизонтального круга по линии базиса выставляются нужные углы. После чего студент устанавливает вежу в точку, на которую направлена визирная ось трубы теодолита.

После установки всех вех теодолит снимается со стоянки, возле кола устанавливается центральная вежа.

4.5. Измерение расходов воды

Расходом воды называется объем воды, протекающий через данное живое сечение потока в 1 с. Живым сечением называется та часть водного сечения, в котором наблюдается течение в преобладающем направлении. Та часть сечения, где течение отсутствует, растет водная растительность, наблюдаются обратные течения или стоячая вода, называется мертвым пространством.

Частота измерений расхода:

1. В межень летом (межень – маловодный период в режиме реки – наблюдается в середине лета и зимой) необходимо делать одно измерение расхода 1 раз в 10 дней. Если река пересохла, необходимо отмечать периоды прекращения и возобновления стока.

2. В периоды появления обильной водной растительности измерения необходимо делать через 7 дней до полного ее отмирания, а затем вновь через 10 дней.

3. Осенью, с появлением на реке первых ледяных образований, расход необходимо измерять 1 раз в 4 дня.

4. Зимой, когда на реке установится устойчивый ледяной покров, первые 20 дней расход измеряется 1 раз в 5 дней, а затем 1 раз в 20 дней.

5. Если река перемерзает или на ней образуются наледи, необходимо отмечать даты исчезновения и появления воды подо льдом, или движения воды на льду. Если вода движется поверх льда, расходы воды необходимо измерять 1 раз в 5 дней.

6. В периоды половодий и паводков, когда происходит резкий подъем или спад уровня воды, расход необходимо измерять через каждые 15 см изменения уровня воды (при этом может получиться так, что в 1 день будет измерено более 1 расхода). Ориентировочно, если паводки продолжаются менее 2 суток – измерять 2–3 расхода в сутки, если паводки продолжаются 2–5 суток – 1–2 расхода в сутки, если паводки продолжаются более 5 суток, расходы измеряются ежедневно или через день).

При измерении расхода воды любым способом общее содержание работ следующее:

- 1) подготовка приборов и оборудования к работе;
- 2) описание состояния реки и обстановки работ.

Указывается состояние реки на посту. Дается характеристика того из перечисленных явлений, которое имеет место в период измерения скорости:

– водная растительность. Указывается ширина выкошенной полосы, отмечается состояние (например, «выкошено чисто», «на дне остатки растительности высотой, см», «местами появилась новая растительность»). Створ выкашивать рекомендуется всегда за день до измерения расхода (на ширину 5–7 м), в противном случае отмечать степень зарастания (у берегов, сплошь, редкая, густая);

– наличие запруд выше по течению или ниже по течению (например подпор от насыпей автодорог);

– отмечаются ледовые явления: забереги, закраины (их ширина и местоположение), сало, ледоход (редкий, средний, густой), за-
тор, зажор, ледостав, полынья, вода течет поверх льда;

– расчистка русла от крупных камней, мусора, карчей или коряг.

Если ничего из перечисленного не наблюдалось, делается запись «СВОБОДНО»;

3) наблюдения над уровнем воды на основном, уклонном постах, гидростворе до и после измерения скоростей;

4) выполнение промеров (в случаях, если промеры не выполнены предварительно, до измерения расхода воды);

5) измерение скоростей (с установкой судна на вертикалях, либо с засечкой поплавков).

Измерение расхода воды поверхностными поплавками

Содержание работы: подготовка приборов и оборудования к работе; закрепление створов; описание состояния реки и обстановки работ; наблюдения над уровнем воды на основном и уклонном постах; забрасывание поплавков; засечки координат и времени прохождения поплавков через створы; перемещения на участке поста; запись результатов измерений в книжку.

Исполнители: 2 чел. (один – на веслах, второй – за угломерным инструментом).

Используемые инструменты и оборудование: вехи, лодка весельная, теодолит 2Т30М, штатив (типа ШР), секундомер.

Нормы времени на выполнение работ

Ширина, м	До 50	51–100	Более 1,00
Норма врем., чел.-ч	4,16	5,18	6,21

Методические указания по выполнению работ. Измерение расхода воды поверхностными поплавками производится в следующих случаях:

а) при повреждении вертушки и невозможности ее заменить, аварийном состоянии средств переправы и т. п.;

б) для разовых приближенных определений расхода воды на необорудованных створах и на малых и средних реках скорости течения измеряются поплавками в тихую (безветренную) погоду или при ветре 2–3 м/с.

При измерении скорости течения поплавками все остальные работы по определению расхода воды (описание состояния реки, наблюдения за уровнем воды и промер глубин по гидрометрическому створу) производятся так, как и при измерениях скорости вертушкой. В тех случаях, когда промеры произвести невозможно, для вычисления площадей используется ближайший по времени промер до или после данного поплавочного измерения.

Для измерения скоростей течения применяются поплавки, изготовленные из дерева в виде круглого диска диаметром 10–15 см и толщиной около 3–5 см.

При измерении скорости течения поплавки запускают группами по всей ширине реки, по секундомеру отмечаются моменты времени прохождения каждым поплавком через верхний и нижний створы, определяются расстояния от постоянного начала до точек, в которых поплавки пересекают основной (гидрометрический) створ.

Порядок измерения скорости течения: выше и ниже основного гидрометрического створа (на 20–40 м выше и ниже гидропоста) назначаются дополнительные створы с таким расчетом, чтобы продолжительность хода поплавков между ними была по всей ширине реки не меньше 10 с (около 40 м, рис. 7).

У нижнего створа должен стоять техник с секундомером, а в верхнем и основном – наблюдатели или только один техник в нижнем створе. Поплавки запускаются несколько выше верхнего створа путем забрасывания с лодки. Рекомендуется запускать поплавки группами по 3 шт. в пяти точках, равномерно распределенных по ширине потока. Общее количество поплавков – 15.

В момент прохождения поплавок через верхний створ техник включает секундомер и следит за поплавком. В момент прохождения поплавок через гидрометрический створ наблюдатель дает сигнал (флагом и пр.), а техник отсчитывает по размеченному канату (или путем засечек) расстояние от постоянного начала до той

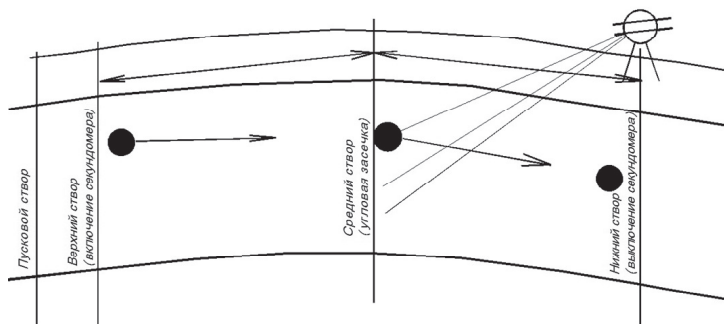


Рис. 7. Схема расположения створов и производства засечек при измерении скоростей поверхностными поплавками

точки, в которой поплавок пересек гидрометрический створ. В момент прохождения поплавком нижнего створа наблюдатель дает сигнал, а техник выключает секундомер. На малых реках с медленным течением все операции по измерению скорости течения могут выполняться одним техником.

Измерение расхода воды гидрометрической вертушкой (без промеров) (основной способ)

Содержание работы: подготовка к работе приборов, оборудования и спасательных средств; наблюдения за уровнем воды на основном и уклонном постах до начала измерений, во время измерений, после их окончания; измерение скоростей на вертикалях; установка судна по гидроствору на вертикаль, на якоря, ориентируясь на верный створ; перемещения на участке поста, с вертикали на вертикаль; запись результатов.

Исполнители: 2 чел. (один – на веслах, второй – за лебедкой).

Используемые инструменты и оборудование: веши, лодка весельная, спасательные жилеты, лебедка «Луга», укомплектованная счетчиком С-52М, гидрометрическая вертушка ГР-21М или ГР-55, укомплектованная вертлюгом, хвостовым оперением, звонком, проводами, элементом питания на 4,5 В, комплектом отверток, якоря, укомплектованные концами, секундомер.

*Нормы времени на выполнение работ
(на измерение расхода воды при ширине реки до 100 м)*

Количество точек на вертикали	1	2	5
Норма врем., чел.-ч	4,60	5,29	7,59

Методические указания по выполнению работ. Способ заключается в записи числа сигналов вертушки и общей продолжительности измерения скорости в точке.

До начала измерения скоростей, после сборки лебедки и подвеса системы «вертушка – груз», рекомендуется измерить расстояние от оси вертушки до низа груза. Для этого в момент касания грузом поверхности воды счетчик сбрасывается на «0», после чего вертушка опускается в положение «ось вертушки на поверхности». Показания счетчика и есть «расстояние от оси вертушки до низа груза».

После установки вертушки в заданную точку по глубине вертикали через два сигнала включается секундомер и начинается счет сигналов; первые два сигнала в счет не принимаются (они называются нулевыми). Если в течение 60 с поступит два и более сигналов, то по следующему сигналу (первому, поступившему по истечении 60 с) секундомер останавливается и измерение в точке прекращается.

При установке вертушки на скоростной вертикали в различных точках по глубине должны быть выдержаны следующие условия:

– при измерении скорости в точке «у поверхности» ось вертушки должна устанавливаться на глубину 0,15 м от поверхности воды. Установка вертушки на меньшие глубины от поверхности не рекомендуется, так как это приведет к ошибочным результатам измерений (влияние ветра, волнения, плавающих предметов и др.);

– при измерении скорости в точке «у дна» ось вертушки при работе со штанги должна устанавливаться на расстоянии 0,15 м от дна. Для вертушек, опускаемых на канате, расстояние от дна до оси вертушки определяется в зависимости от размеров груза и системы подвеса (крепления) вертушки.

Основной способ предусматривает измерение скоростей течения в двух точках (0,2 и 0,8 рабочей глубины). Глубина погруже-

ния вертушки отсчитывается от поверхности, а не от дна. При оптимальном числе промерных и скоростных вертикалей (не менее девяти) этот способ по сравнению с многоточечным способом обычно дает среднее квадратическое отклонение не более 3 %.

При свободном русле скорость измеряется в двух точках (0,2 и 0,8 рабочей глубины). В случае недостаточной для двух точек глубины (менее 0,75 м) измерение производится в одной точке (0,6 рабочей глубины). Минимальная глубина потока при одноточечных измерениях 0,30 м.

При наличии в русле водной растительности измерение скорости на вертикали производится в трех точках (0,15; 0,50 и 0,85 рабочей глубины). В случае недостаточной для трех точек глубины измерение проводится в одной точке (0,5 рабочей глубины).

Сокращенные способы предусматривают измерение скорости течения по средней скорости на одной-двух репрезентативных вертикалях. Измерение расходов этими способами допускается на реках с устойчивым руслом. Измерение производится в двух точках (0,2 и 0,8) или в одной точке (0,2) рабочей глубины.

Измерение расхода воды гидрометрической вертушкой (без промеров) (детальный способ)

Содержание работы: подготовка к работе приборов, оборудования и спасательных средств; наблюдения за уровнем воды на основном и уклонном постах до начала измерений, во время измерений, после их окончания; измерение скоростей на вертикалях; установка судна по гидроствору на вертикаль, на якоря, ориентируясь на веерный створ; перемещения на участке поста, с вертикали на вертикаль; запись результатов.

Исполнители: 2 чел. (один – на веслах, второй – за лебедкой).

Используемые инструменты и оборудование: вехи, лодка весельная, спасательные жилеты, лебедка «Луга», укомплектованная счетчиком С-52М, гидрометрическая вертушка ГР-21М или ГР-55, укомплектованная вертлюгом, хвостовым оперением, звонком, проводами, элементом питания на 4,5В, комплектом отверток, якоря, укомплектованные концами, секундомер.

*Нормы времени на выполнение работ
(на измерение расхода воды при ширине реки до 100 м)*

Количество точек на вертикали	1	2	5
Норма врем., чел.-ч	4,60	5,29	7,59

Методические указания по выполнению работ. Многоточечный способ предусматривает измерение расхода воды по увеличенному против обычного числу скоростных вертикалей с измерением скорости в пяти точках на каждой вертикали. Многоточечный способ дает наиболее точное значение расхода. Однако при существенных колебаниях уровня воды за время измерения расхода увеличение продолжительности многоточечных измерений по сравнению с основным может снизить их точность.

Измерение скорости течения на вертикали при свободном от водной растительности русле производится в пяти точках по глубине: «поверхность»; 0,2; 0,6; 0,8 рабочей глубины (h) и «дно».

Пятиточечный способ применяется при глубинах более 1,5 м.

В интервале глубин от 1,5 до 0,75 м применим только двухточечный способ (0,2; 0,8 h). При глубине вертикали менее 0,75 м следует переходить на одноточечный способ (в точке 0,6 h).

При наличии в русле водной растительности к пяти вышеуказанным точкам прибавляется шестая точка (0,4 рабочей глубины). Если на некоторых скоростных вертикалях вследствие недостаточной глубины установка вертушки в шести точках без нарушения условий становится невозможной, измерение скорости течения на этих вертикалях производится в зависимости от глубины потока в трех точках – 0,15; 0,50 и 0,85 рабочей глубины. Измерение скоростей в трех точках следует осуществлять в диапазоне глубин от 1,5 до 1,0 м; при глубинах от 1,0 до 0,75 м – в двух точках; при глубинах менее 0,75 м – в одной точке (0,5 h).

При измерении скоростей течения запись времени производится способом фиксации каждого «приема». Способ заключается в записи по секундомеру времени поступления отдельных сигналов вертушки (или приемов). Применяется только при многоточечном способе, когда необходимо проследить характер пульсации ско-

рости в точках живого сечения. При редких сигналах (небольших скоростях течения) записывается отсчет времени поступления каждого сигнала, а при частых сигналах (больших скоростях) – через один или несколько сигналов. Общая продолжительность измерения в точке должна быть не менее 100 с. Количество «приемов» должно быть четным. Продолжительности периодов измерения (отсчета времени поступления последнего сигнала первой половины периода, например четвертого из восьми) должны быть равны друг другу (невязка – не более 5 с).

Число сигналов, поступивших за промежуток времени между записями, называется «приемом». Для его определения на практике поступают следующим образом: по концу очередного сигнала включают секундомер и считают количество сигналов, поступивших в течение 15 с. Это количество сигналов и принимается за число сигналов за «прием».

Пример записи времени поступления сигналов при детальном способе приведен в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Пример записей числа приемов

№ вертик.	Рабочая глубина, м	Глубина опускания вертушки, м		Отсчет по штанге (счетчику)	Число сигналов за прием	Отсчеты по секундомеру								Сумма оборотов
						1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1,77	Поверхность	0,15	0,15	2	15	29	44	58	74	90	106	120	320
		0,2	0,35	0,35	2	16	31	47	59	77	92	105	117	320
		0,4	0,71	0,71	2	18	34	52	65	85	101	116	129	320
		0,6	1,06	1,06	2	19	38	57	71	93	111	127	142	320
		0,8	1,42	1,42	1	17	33	50	70	89	108	126	144	80
		Дно	1,54	1,54	1	15	30	45	63	80	97	113	130	80

5. КАМЕРАЛЬНЫЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

5.1. Вычисление графоаналитическим способом расхода воды, измеренного поверхностными поплавками

Содержание работы: подготовка книжки КГ-7М(н), определение коэффициента перехода от фиктивного расхода воды к действительному, данных промеров по гидроствору; вычисление среднего уровня или введение срезки уровня; вычерчивание профиля водного сечения; вычисление частичных площадей водного сечения; нанесение поплавков на клетчатку, их нумерация, разбивка на группы; построение эпюры распределения скоростей по ширине реки; вычисление частичных расходов воды; вычисление фиктивного и действительного расхода воды; проверка результатов (проверка правильности записей, правильности осреднения, вычисления средней глубины между вертикалями и площади сечения между вертикалями, вычисления скорости движения поплавков, правильности нанесения поплавков на график, объединения их в группы, правильности вычисления частичных расходов воды, вычисления фиктивного и действительного расхода воды).

Исполнители: 1 чел.

Нормы времени на выполнение работ

Количество поплавков, шт.	До 10	11–15	Более 15
Норма врем., чел.-ч	1,96	2,53	3,22

Методические указания по выполнению работ. Вычисление расхода воды, измеренного поверхностными поплавками по всей ширине реки, производится в следующем порядке:

1) просматривается книжка расхода с целью проверки полноты, правильности измерений и записей. Особое внимание обращается на сведения об обстановке работы и на замечания о явлениях, которые могут отразиться на точности промеров и измерения скорости течения (скорость ветра в период измерения);

2) вычисляются глубины по промеру;

3) на клетчатку, помещенную в книжку КГ-7М(н), наносятся точки поплавков: по оси абсцисс откладываются расстояния от постоянного начала (при прохождении поплавками среднего створа), по оси ординат – продолжительность хода поплавков. По нанесенным точкам, осредняя на глаз группы точек (за вычетом отбракованных), проводится плавная эпюра распределения продолжительности хода поплавков по ширине реки (рис. 8);



Рис. 8. Эпюра распределения скорости движения поплавков по ширине реки

4) определяется среднее положение по ширине реки выбранных групп поплавков, проводится их совмещение с промерными вертикалями;

5) вычисляются полусуммы скоростей смежных вертикалей, и путем умножения их на площадь живого сечения между этими же вертикалями определяются частичные расходы воды. Для при-

брежных участков между берегом (границей мертвого пространства) и ближайшей скоростной вертикалью скорость вычисляется в соответствии с коэффициентами;

6) в результате суммирования частичных расходов определяется полная величина фиктивного расхода Q_{ϕ} ;

7) вычисляется действительный расход воды в результате умножения фиктивного расхода на коэффициент $K_1 \cdot Q_{\phi}$.

Коэффициент K_1 при отсутствии вертушечных измерений определяется для приближенных расчетов по табл. 4, в которой приведены также значения K_2 , представляющие собой отношение средней скорости в сечении к максимальной поверхностной скорости (на стрежне реки).

Расход воды, определенный поверхностными поплавками только по наибольшей скорости потока, вычисляется по формуле:

$$Q = K_2 \cdot v_{\text{наиб}} \cdot F,$$

где K_2 – коэффициент перехода от наибольшей поверхностной скорости потока к средней, определяемый на основании вертушечных измерений (табл. 5); $v_{\text{наиб}}$ – наибольшая поверхностная скорость потока, определяемая как среднее арифметическое из значений скорости, вычисленных по трем поплавкам с наименьшей продолжительностью хода; F – площадь водного сечения потока.

В таблице «Принятые данные» в графе «Способ измерения расхода воды» принимаются следующие обозначения:

пт – поплавки поверхностные, засеченные теодолитом с одной точки, например, пт 15/17, где 15 – количество поплавков, принятых для расчета, 17 – общее;

пст – поплавки поверхностные, пущенные по стрежню, засеченные теодолитом с одной точки.

Число, стоящее после знака поплавков, указывает общее количество поплавков, принятых при вычислении расхода воды.

В графе «Способ вычисления расхода воды» рядом со способом вычисления (аналитический – а) указывается принятый переходный коэффициент, например: а, 0,82.

**Приближенные значения коэффициентов K_1 и K_2
при отсутствии опытных данных [5]**

Характеристика русла, поймы (условия течения)	Средняя глубина, м					
	меньше 1		1–5		больше 5	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
Русла прямые, чистые, земляные (глина, песок), галечные, гравийные	0,80	0,64	0,84	0,66	0,86	0,67
Русла извилистые, частично заросшие травой, каменистые. Поймы сравнительно разработанные, с растительностью (травы, редкий кустарник)	0,75	0,60	0,80	0,63	0,83	0,65
Русла и поймы значительно заросшие, с глубокими промоинами. Русла извилистые с наличием крупных валунов	0,65	0,55	0,74	0,59	0,80	0,62
Поймы сплошь лесные таежного типа	0,57	0,46	0,69	0,56	0,75	0,60

5.2. Вычисление расходов воды, измеренных гидрометрической вертушкой

Вычисление расходов воды аналитическим способом

Содержание работы: подготовка книжки КГ-3М(н), данных промеров по гидровтору; вычисление среднего уровня или введение срезки уровня; вычерчивание профиля водного сечения; вычисление частичных площадей водного сечения; определение скоростей течения в точках с использованием тарировочной таблицы; построение эпюр распределения скоростей по глубине на скоростных вертикалях (при детальном способе измерения); вычисление частичных расходов воды; вычисление расхода воды; проверка результатов (проверка правильности записей, правильности осред-

нения, вычисления средней глубины между вертикалями и площади сечения между вертикалями, вычисления скорости течения в точках, средней скорости течения на вертикали, правильности определения скорости по тарифовочной таблице, правильности вычисления частичных расходов воды, вычисления расхода воды).

Исполнители: 1 чел.

Нормы времени на выполнение работ

Количество вертикалей, шт.	До 10	11–15	Более 15
Норма врем., чел.-ч	1,96	2,53	3,22

Методические указания по выполнению работ. Аналитическим методом расход вычисляется воды по формуле:

$$Q = Kv_1f_0 + (v_1 + v_2)f_1/2 + \dots + (v_{n-1} + v_n)f_{n-1}/2 + Kv_nf_n,$$

где Q – полный расход воды, v_1, v_2, \dots, v_n – средние скорости на скоростных вертикалях № 1, 2, ..., n (последней); f_0 – площадь водного сечения между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью; f_{n-i} – площадь водного сечения между вертикалями № 1 и 2 и т. д.; f_n – площадь между последней вертикалью n и берегом (границей мертвого пространства). Коэффициенты K для скоростей v_1 и v_n на прибрежных скоростных вертикалях № 1 и n при отсутствии мертвого пространства принимаются равными:

- а) при пологом берегу с нулевой глубиной на урезе – 0,7;
- б) при естественном обрывистом берегу или неровной стенке (бут, неотесанный камень) – 0,8;
- в) при гладкой бетонной или сплошь обшитой досками стенке – 0,9, а при наличии мертвого пространства – 0,5.

Площади водного сечения между скоростными вертикалями $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$ вычисляются по формулам:

$$f_0 = (h_0 + h_1)b_0/2 + (h_1 + h_2)b_1/2;$$

$$f_n = (h_{n-1} + h_n)b_n/2,$$

где h_0, h_1, \dots, h_n – глубины промерных вертикалей (при ледяном покрове – расстояние от дна до нижней поверхности льда и шуги);

b_0, b_1, \dots, b_n – расстояния между промерными вертикалями или между урезами и ближайшими к ним вертикалями.

Пример вычисления площадей водного сечения между скоростными и промерными вертикалями приведен в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Пример вычисления частных площадей водного сечения в КГ-ЗМ(н)

Номер стороны	№ скоростных вертикалей	Расстояние от постоянного начала, м	Глубина рабочая, со срезкой, м	Рабочая глубина, м	Глубина между вертикалями, м	Расстояние между вертикалями, м	Площадь водного сечения, м ²	
							между промерными вертикалями	между скоростными вертикалями
=30	Улб.	52,2	0,00	0,00				
=31		71,3	1,70	1,70	0,85	19,1	16,2	
=32	1	80,0	1,80	1,80	1,75	8,7	15,2	31,5
=33		90,4	1,81	1,81	1,81	10,4	18,8	
=34		109,5	1,61	1,61	1,71	19,1	32,7	
=35	2	119,1	1,52	1,52	1,57	9,60	15,0	66,5
=36		130,0	1,33	1,33	1,43	10,9	15,5	
=37		151,2	1,30	1,30	1,32	21,2	27,9	
=38		170,2	1,21	1,21	1,26	19,0	23,8	
=39	3	181,3	1,26	1,26	1,24	11,1	13,7	81,0
=40		192,0	1,18	1,18	1,22	10,7	13,1	
=41	Упб.	200,3	1,21	1,21	1,20	8,3	9,92	23,0

Вычисление расхода воды аналитическим методом производится в последовательности:

а) просматривается книжка расхода с целью проверки полноты и правильности измерений и записей. Особое внимание следует

обращать на сведения об обстановке работы и на замечания о явлениях, которые могут отразиться на точности промеров и измерений скорости течения;

б) вычисляются рабочие глубины вертикалей по промеру и проверяются глубины погружения вертушки;

в) при измерении расхода воды основным или многоточечным способом проверяется, выдержано ли условие общей продолжительности периода измерения в точке, и подсчитывается суммарное число оборотов вертушки;

г) по числу приемов и количеству сигналов за прием подсчитывается суммарное количество оборотов лопастного винта вертушки за все время измерения в точке;

д) делением суммарных чисел оборотов лопастного винта вертушки на соответствующие им количества секунд продолжительности измерения в точках вычисляется число оборотов лопастного винта в 1 с (с точностью до 0,01 оборота);

е) по найденному числу оборотов в 1 с в тарифовочной таблице находятся соответствующие скорости течения, округляемые во всех случаях до 0,01 м/с. Пример вычисления скоростей течения по тарифовочной таблице приведен в табл. 7;

Т а б л и ц а 7

**Пример определения скорости течения
по тарифовочной таблице**

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГРАДУИРОВКЕ

Вертушка	ГР-21М
№	742-65
Винт №	1
Контакт через	20
То, с	38
Дата тарировки	07.12.2007
Тарировка №	71/1

О к о н ч а н и е т а б л . 7

<i>n</i>	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,053	0,053	0,053
0,1	0,054	0,054	0,055	0,055	0,056	0,056	0,057	0,058	0,059	0,059
0,2	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065	0,066	0,067	0,068	0,070
0,3	0,071	0,072	0,073	0,075	0,076	0,078	0,079	0,081	0,082	0,084
0,4	0,086	0,088	0,089	0,091	0,093	0,095	0,097	0,099	0,101	0,103
0,5	0,105	0,107	0,109	0,112	0,123	0,126	0,128	0,130	0,132	0,134
0,6	0,136	0,139	0,141	0,143	0,145	0,147	0,150	0,152	0,154	0,156
0,7	0,158	0,160	0,163	0,165	0,167	0,169	0,171	0,173	0,176	0,178
0,8	0,180	0,182	0,184	0,186	0,189	0,191	0,193	0,195	0,197	0,199
0,9	0,202	0,204	0,206	0,208	0,210	0,212	0,215	0,217	0,219	0,221
1,0	0,223	0,225	0,228	0,230	0,232	0,234	0,236	0,238	0,241	0,243
1,1	0,245	0,247	0,249	0,251	0,254	0,256	0,258	0,260	0,262	0,265
1,2	0,267	0,269	0,271	0,273	0,275	0,278	0,280	0,282	0,284	0,286
1,3	0,288	0,291	0,293	0,295	0,297	0,299	0,301	0,304	0,306	0,308
1,4	0,310	0,312	0,314	0,317	0,319	0,321	0,323	0,325	0,327	0,330
1,5	0,332	0,334	0,336	0,338	0,340	0,343	0,345	0,347	0,349	0,351

П р и м е р: Число оборотов лопастного винта вертушки составляет 0,83 оборота в секунду. На пересечении строки со значением 0,8 с графой 0,03 находим скорость течения в точке, равную 0,19 м/с.

ж) вычисляется средняя скорость на вертикали в зависимости от состояния реки и числа точек измерения по следующим формулам (табл. 8).

Пример вычисления средней скорости на вертикали в КТ-ЗМ(н)

Номер строки	Номер вертикали	Рабочая глубина, м	Расстояние от постоянного начала, м	Глубина погружения вертушки		Скорость, м/с	Средняя скорость, м/с	Отсчеты по штанге или в точке	Число сигналов	Сумма оборотов	Продолжительность, с	Число оборотов, с
				в долях глубины	в метрах							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
=150				пов	0,03	0,58	0,60	0,03	10	200	120	1,67
=151				0,2	0,36	0,67		0,36	12	240	125	1,92
=152	1	1,80	80,0	0,6	1,08	0,60		1,08	11	220	128	1,72
=153				0,8	1,44	0,56		1,44	10	200	125	1,60
=154				дно	1,74	0,54		1,74	10	200	129	1,55
=155				пов	0,03	0,54	0,57	0,03	10	200	129	1,55
=156				0,2	0,30	0,64		0,30	12	240	130	1,85
=157	2	1,52	119	0,6	0,91	0,56		0,91	10	200	125	1,60
=158				0,8	1,22	0,53		1,22	10	200	131	1,53
=159				дно	1,16	0,51		1,16	9	180	123	1,46
=160				пов	0,03	0,44	0,49	0,03	8	160	126	1,27
=161				0,2	0,25	0,55		0,25	10	200	127	1,57
=162	3	1,26	181	0,6	0,76	0,46		0,76	9	180	135	1,33
=163				0,8	1,01	0,42		1,01	8	160	131	1,22
=164				дно	1,20	0,58		1,20	8	160	135	1,19

При свободном, не заросшем водной растительностью, русле:
 – при эпюре неправильной формы, при измерениях в пяти точках:

$$v_{cp5} = 0,050v_{пов} + 0,347(v_{0,2} + v_{0,6}) + 0,173v_{0,8} + 0,083v_{дно};$$

– при эпюре правильной формы, при измерениях в пяти точках:

$$v_{cp5} = 0,1(v_{пов} + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{дно});$$

– при измерениях в двух точках:

$$v_{cp2} = (v_{0,2} + v_{0,8})/2;$$

– при измерениях в одной точке:

$$v_{cp1} = v_{0,6} \text{ или } v_{cp1} = 0,9v_{0,2}.$$

При заросшем водной растительностью русле:

– при эпюре правильной формы, при измерениях в пяти точках:

$$v_{cp5} = 0,1(v_{пов} + 2v_{0,2} + 2v_{0,6} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{дно});$$

– при измерениях в трех точках:

$$v_{cp3} = (v_{0,15} + v_{0,5} + v_{0,85})/3;$$

– при измерениях в одной точке:

$$v_{cp1} = 0,9v_{0,5}.$$

з) производится анализ распределения скорости течения по ширине реки в зависимости от рельефа дна, для чего вычерчивается эпюра распределения средней скорости по ширине реки.

При корытообразной форме профиля поперечного сечения на участке гидрометрического створа эпюра распределения скорости течения по ширине реки должна получиться в виде правильной кривой, обращенной своей выпуклостью вверх без каких-либо резких переломов. Наличие переломов, если они подтверждаются неоднократными измерениями, будет указывать на неровности в рельефе русла по длине потока. При низких уровнях воды эти неровности дна более заметно сказываются на распределении скорости по ширине, а при высоких, наоборот, их влияние менее заметно;

и) вычисляются по рабочим глубинам всех промерных вертикалей со срезкой на расчетный уровень площади живого сечения между скоростными вертикалями (табл. 9);

к) вычисляются полусуммы скоростей на соседних скоростных вертикалях, и путем умножения их на площадь живого сечения между этими же вертикалями определяют частичные расходы (табл. 9);

л) в результате суммирования частичных расходов определяется значение всего расхода воды (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

**Пример вычисления частичных расходов
и общего расхода воды в КГ-ЗМ(н)**

№ вертикали	Средняя скорость, м/сек	Средняя скорость между вертикалями, м/сек	Площадь водного сечения, м ²	Расход воды в интервале, м ³ /с
1	2	8	9	13
		0,42	31,5	13,2
1	0,60	0,59	66,5	38,9
2	0,57	0,53	81,0	42,9
3	0,49	0,50	23,0	11,4
4	0,50	0,50	33,2	16,4
5	0,49	0,34	23,9	8,20
				130

После определения расхода воды заполняется таблица «Принятые данные», в которую записываются следующие характеристики расхода воды:

1. Состояние реки.
2. Расчетный уровень воды на основном посту над нулем графика при незначительном (2–3 см) изменении за время определения

расхода воды вычисляется как среднее арифметическое из высот уровня, измеренных до и после определения расхода.

3. Расход воды Q с округлением до трех значащих цифр при значении расхода более $1 \text{ м}^3/\text{с}$ и до двух значащих цифр для расходов меньше $1 \text{ м}^3/\text{с}$, но не точнее $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$.

4. Площади водного сечения $F_{\text{в}}$, мертвых пространств $F_{\text{м}}$ (если есть) и полная $F_{\text{полн}}$. Площадь водного сечения ($F_{\text{м}} + F_{\text{ж}}$) при открытом русле называется площадью, заключенная между поверхностью дна и уровнем воды в поперечном профиле. Площадь водного сечения вычисляется по принятым рабочим глубинам на промерных вертикалях и расстояниям между ними.

Площадь мертвого пространства является частью площади водного сечения, в которой скорости течения отсутствуют.

Полная площадь вычисляется как сумма площадей водного сечения, погруженного льда и шуги. Значения площадей даются с округлением до трех значащих цифр, но не точнее $0,01 \text{ м}$.

5. Скорости течения (средняя $v_{\text{ср}}$ и наибольшая $v_{\text{наиб}}$). Средняя скорость потока вычисляется делением расхода воды на площадь водного сечения, наибольшая скорость выбирается из всех измеренных скоростей в отдельных точках.

Значения скоростей приводятся в метрах в секунду с округлением до трех значащих цифр, но не точнее $0,01 \text{ м/с}$.

6. Ширина по уровню воды B приводится с округлением до трех значащих цифр, но не точнее $0,1 \text{ м}$ для той же высоты уровня, которая принята для данного расхода. Ширина реки по уровню воды определяется по поперечному профилю.

7. Глубины средняя $h_{\text{ср}}$ и наибольшая $h_{\text{наиб}}$. Средняя глубина вычисляется делением площади водного сечения на ширину реки по уровню B . Глубины приводятся с точностью до $0,01 \text{ м}$ (при измерении глубин до $5,0 \text{ м}$, при большей глубине – с точностью $0,1 \text{ м}$).

8. Уклон водной поверхности I вычисляется в промилле (‰) – падение в метрах на 1 км – и выписывается с округлением до двух значащих цифр, но не точнее $0,001 \text{ ‰}$.

9. Способ измерения расхода воды. Измерение расхода воды вертушкой обозначается буквой «В» без разделения на типы. В чис-

лителе дроби, стоящем после знака вертушки, указывается число скоростных вертикалей, в знаменателе – общее количество точек в сечении, в которых измерялась скорость течения (В 5/18).

10. Метод вычисления расхода воды. Аналитический метод вычисления расхода обозначается буквой «а», графический – буквой «г».

Вычисление расходов воды графическим способом

Содержание работы: подготовка книжки КГ-3М(н)Д, чертежных инструментов, планиметра; подготовка листа миллиметровой бумаги требуемого формата; вычерчивание профиля водного сечения, эпюры скоростей; определение средних скоростей на вертикалях, проведение плавной кривой; определение элементарных расходов воды и нанесение их на чертеж; построение эпюры элементарных расходов; вычисление элементарных расходов и общего расхода воды; заполнение таблицы «Принятые данные»; укладка материалов и чертежных инструментов на место хранения; проверка результатов (проверка правильности выписки исходных данных, выполнения графических построений и вычислений).

Исполнители: 1 чел.

*Нормы времени на выполнение работ
(обработка расхода воды)*

Количество вертикалей, шт.	До 5	6–7	8–10	11–13
Норма врем., чел.-ч	4,94	5,18	5,52	5,64

*Нормы времени на выполнение работ
(проверка вычислений расхода воды)*

Количество вертикалей, шт.	До 5	6–7	8–10	11–13
Норма врем., чел.-ч	2,18	2,88	3,91	4,60

Методические указания по выполнению работ. Графический метод вычисления расхода воды заключается в выполнении следующих работ:

1. Проверяются результаты ранее выполненного вычисления расхода аналитическим методом.

2. На листе миллиметровой бумаги размером 407×288 или 1407×576 мм вычерчивается по образцу (рис. 9) профиль поперечного сечения по расчетному уровню воды и приведенным к нему глубинам, на котором показываются скоростные вертикали.

Под профилем записываются расстояния от постоянного начала и рабочие глубины. Ниже оставляются две строчки для вписывания в дальнейшем средних скоростей и элементарных расходов.

3. Над чертежом профиля поперечного сечения или справа от него вычерчиваются эпюры распределения скорости течения по вертикалям (годографы).

При построении эпюр скорости вертикальный масштаб для глубины принимается такой же, как и для профиля водного сечения. Горизонтальный масштаб выбирается в зависимости от наибольшей скорости и принятого масштаба глубин с таким расчетом, чтобы у эпюр центральных вертикалей отношение ширины высоте было примерно $0,7-1,0$.

4. Определяется средняя скорость течения на вертикалях. Для этой цели определяются площади эпюр (планиметрированием), которые численно равны элементарным расходам. Средняя скорость на вертикали получается делением площади эпюры на рабочую глубину вертикали. Определение площадей эпюр, так же как и всех других площадей, производится планиметром, а при его отсутствии – непосредственно по миллиметровой бумаге путем счета квадратов. Небольшие площади (меньше $2-3 \text{ см}^2$ на чертеже) определяются во всех случаях непосредственно по миллиметровой бумаге.

5. Вычисленные значения средней скорости на вертикалях откладываются на профиле поперечного сечения от линии уровня воды вверх по линиям, обозначающим скоростные вертикали, в том же масштабе, который был принят при построении эпюр распределения скорости на вертикали.

Через верхние конечные точки построенных таким образом отрезков и точки урезов воды (или границ мертвого пространства) проводится плавная кривая – эпюра распределения средней скорости по ширине реки.

6. С эпюры распределения средней скорости по ширине реки снимаются значения средней скорости для каждой промерной вертикали, которые выписываются в предпоследнюю строчку под чертежом профиля.

7. Значения средней скорости для каждой промерной вертикали умножаются на рабочую глубину промерных вертикалей, в результате чего получаются значения элементарного расхода на этих вертикалях, которые выписываются в последнюю строчку под чертежом профиля с точностью до трех значащих цифр, но не точнее $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$.

8. Значения элементарного расхода откладываются вверх от профиля в масштабе, при котором наибольшее значение элементарного расхода изображалось бы отрезком, равным 7–10 см. По верхним конечным точкам отрезков, изображающих значения элементарного расхода, и точкам урезов воды (или границ мертвого пространства) проводится плавная кривая – эпюра распределения элементарного расхода по ширине реки.

9. Вычисляется расход воды. Для этой цели путем планиметрирования определяется площадь эпюры распределения элементарного расхода, которая (после перевода в м/с в соответствии с ценой деления планиметра) численно равна расходу воды.

10. Гидравлические характеристики расхода воды, полученные в результате графического вычисления расхода, записываются в таблицу «Принятые данные» рядом или в виде дроби с полученными данными по аналитической обработке.

Дополнительно для изучения распределения скорости течения в поперечном сечении потока и с целью анализа на чертеже графической обработки расхода вычерчиваются линии равных скоростей (изотакхи). Для этого предварительно строятся эпюры распределения поверхностной и донной скоростей по ширине реки, так же как эпюра распределения средней скорости. Значения поверхностной и донной скоростей по всем вертикалям снимают с годографов, затем эпюры распределения скорости по вертикалям и эпюры поверхностной и донной скоростей по ширине пересекаются линиями, отсекающими на оси скорости эпюр значения скорости течения, равные выбранным значениям изотакх (см. рис. 9).

Точки пересечения указанных линий с линией эпюры проецируются на ось глубины потока для эпюр на вертикалях, на линию поверхности воды для эпюры поверхностной скорости и на линию дна для эпюры донной скорости.

По найденным таким образом проекциям точек проводятся плавные линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями скорости, – изотакхи. В зависимости от значения наибольшей скорости изотакхи назначаются через 0,05; 0,10; 0,20 или 0,50 м/с с таким расчетом, чтобы всего в поперечном сечении было не менее пяти и не более десяти изотакх.

6. СОДЕРЖАНИЕ УЧАСТКА ПОСТА. РАЗНЫЕ РАБОТЫ

Выкашивание водной растительности в руслах рек на гидростворе

Содержание работы: установление границы распространения водной растительности и ее выкашивание; при необходимости – удаление водной растительности с гидроствора.

Исполнители: 1 чел.

Нормы времени на выполнение работ

Выкашиваемая площадь, м ²	50
Норма врем., чел.-ч	2,20

Окраска свай постов

Содержание работы: подготовка краски, кисти; окрашивание головок свай; промывка кисти.

Исполнители: 1 чел.

Нормы времени на выполнение работ:

Количество свай	8–10	11–15	Более 15
Норма врем., чел.-ч	0,91	1,16	1,41

Установка или замена свай поста (репера поста)

Содержание работы: подготовка инструмента; разметка места установки сваи; завинчивание сваи или выемка грунта; установка сваи (бетонирование основания репера); уборка рабочего места.

Исполнители: 2 чел.

Нормы времени на выполнение работ

Установка свай	1
Норма врем., чел.-ч	13,1

Изготовление круглых поверхностных гидромертрических поплавков

Содержание работы: подготовка инструмента и материалов; изготовление поплавков; укладка изготовленных поплавков на место хранения; уборка рабочего места; перемещения на рабочем месте.

Исполнители: 2 чел.

Нормы времени на изготовление одного поплавка

Количество поплавков	До 10	11–50	51–100
Норма врем., чел.-ч	0,315	0,081	0,060

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек. Ленинград : Гидрометеиздат, 1949. 168 с.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Ч. 2. Гидрологические наблюдения на постах. Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. 264 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. 1. Ленинград : Гидрометеиздат, 1969.
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 1. Гидрологические наблюдения и работы на реках. Ленинград : Гидрометеиздат, 1957. 400 с.
5. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91)/гос. корпорация «Трансстрой» ; НИИ транспортного строительства (ЦНИИС); утверждено 01.01.1992. Москва : ПКТИ Трансстрой, 1992. 348 с.
6. СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства». Москва : б. и., 1997. 34 с.

Учебное издание

Клименко Дмитрий Евгеньевич

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ

Учебное пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*

Редактор *Е. Е. Крамаревская*

Корректор *Е. Е. Крамаревская*

Компьютерная верстка *Г. Б. Головиной*

Подписано в печать 23.06.2021. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Уч.-изд. л. 4,0. Усл. печ. л. 4,42. Тираж 30 экз. Заказ 160.

Издательство Уральского университета.
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

Для заметок

